

УДК 631.81:631.582:631.445.24:633.11“324”

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

© 2021 г. А. А. Завалин¹, А. А. Коваленко¹, Т. М. Забугина¹,
Л. Н. Самойлов¹, С. Н. Сапожников^{1,*}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

*E-mail: ssapozhnikov81@gmail.com

Поступила в редакцию 02.11.2020 г.

После доработки 20.11.2020 г.

Принята к публикации 10.12.2020 г.

Представлены результаты исследований в длительных полевых опытах по оценке эффективности применения средств химизации под озимую пшеницу на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности в Центральном Нечерноземье России. Навоз и минеральные удобрения применяли в различных сочетаниях и дозах на фоне известкования почвы и без нее. На слабоокультуренной почве внесение навоза 40 т/га за ротацию обеспечивало больший эффект влияния на урожайность зерна озимой пшеницы (прибавка 3–5 ц/га), чем внесение извести, а их сочетание способствовало дальнейшему повышению урожайности зерна. За счет размещения озимой пшеницы после викоовсяной смеси дополнительно получено 6.5 ц/га зерна пшеницы, после клеверного предшественника – 11.7–12.8 ц/га. Внесение минеральных удобрений в слабоокультуренную почву в дозе N90P90K90 обеспечило получение 22–32 ц/га зерна пшеницы после викоовсяной смеси и 30–34 ц/га – после клевера. На среднеокультуренной почве урожайность зерна 40–45 ц/га формировалась при выращивании озимой пшеницы после пласта многолетних бобово-злаковых трав и внесения минеральной системы удобрения, при применении органо-минеральной системы удобрений она достигала 50–52 ц/га. На высокоокультуренной почве урожайность зерна озимой пшеницы при применении N90P90K90 на фоне извести достигла 53–58 ц/га. При известковании почвы и внесении в различных сочетаниях минеральных удобрений и навоза улучшались показатели качества зерна: масса 1000 зерен, натурная масса, содержание белка и сырой клейковины, причем величину показателей определяли уровень удобренности, величина урожайности и плодородие почвы. При использовании оптимальных сочетаний средств химизации в зерне озимой пшеницы содержание белка достигало 13.2–13.9%, сырой клейковины – 25–39%, что соответствовало 3-му классу качества.

Ключевые слова: урожайность, зерно, качество зерна, известкование, навоз, минеральные удобрения, окультуренность почвы.

DOI: 10.31857/S0002188121030145

ВВЕДЕНИЕ

Развитие агропромышленного комплекса России и обеспечение ее продовольственной независимости в значительной степени зависит от состояния зернового хозяйства. Среди зерновых основной культурой является пшеница [1–3]: ее посевная площадь среди зерновых занимала в 2016–2017 гг. 59% и более, ее доля в валовом сборе зерновых в 2001–2017 гг. была равна 57–62%, в продукции растениеводства в 2001–2015 гг. – 34–37%, в экспорте зерна в 2016–2017 гг. – 78% и в выручке от реализации в 2016–2017 гг. – 63–77%.

Среди факторов, необходимых для увеличения урожаев любой культуры (при выращивании районированных отечественных сортов), приоритетными являются: плодородие почвы, севооборот, питание и защита растений (табл. 1). Эти сведения не являются абсолютными показателями и могут изменяться, но они дают реальное представление о роли факторов, влияющих на урожайность культуры. Например, без применения средств химизации земледелие идет по экстенсивному пути и зависит от погоды и плодородия

Таблица 1. Вклад факторов в формирование урожайности сельскохозяйственных культур, % [4]

Фактор	Агротехнологии	
	экстенсивные	интенсивные
Естественное плодородие	40	10
Погодные условия	20	15
Обработка почвы	20	10
Сорт, семена	5	20
Удобрение	10	30
Защита растений	5	15
Средняя урожайность, т/га	1.5–2.5	4.0–5.0

почвы. В иных случаях определяющим фактором могут быть сорт, удобрение и защита растений.

Нечерноземная зона России и особенно ее Центральная часть располагает благоприятными погодными условиями для возделывания озимой пшеницы, но 60% территории зоны занято дерново-подзолистыми почвами, которые характеризуются низким содержанием питательных веществ, кислой реакцией, бедны органическими веществами, имеют высокую степень засоренности посевов [5]. В Центральном федеральном округе почвы, имеющие низкое, среднее и очень низкое содержание подвижной формы P_2O_5 составляют 57% всех обследованных почв, K_2O – 26% [6, 7]. В последние 3 десятилетия баланс питательных веществ в земледелии сложился со значительным превышением их выноса над внесением в 4–5 раз. За этот период дефицит азота, фосфора и калия в сумме составил 140 млн т [7]. В настоящее время под зерновые культуры применяют дозы (NPK)40–50, в то время как необходимо в 2–3 раза больше. При этом применение минеральных удобрений осуществляется только на половине всех площадей. В Нечерноземной зоне внесение удобрений составляет от 30 до 35 кг/га. По расчетам [7], для производства 145–150 млн т зерна к 2030 г. требуется применить 7.4 млн т NPK, в то время как на протяжении последнего пятилетия вносят всего ≈ 3.0 млн т.

Лучшими предшественниками для озимой пшеницы в Нечерноземье являются многолетние бобовые и бобово-злаковые травостой, викоовсяная смесь, горох, сидеральные культуры, ранний картофель, поэтому чрезвычайно велика роль севооборота, прибавка урожая пшеницы при оптимальном размещении в севообороте составляет 67% (без удобрений) и 53% с удобрениями [8, 9]. Перечисленные выше факторы, требуют дальнейшего уточнения, в том числе по результатам длительных опытов [4–6, 10].

Цель работы – определить продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в различных севооборотах на почвах с разной степенью плодородия при использовании разных сочетаний органических и минеральных удобрений на фоне известкования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые стационарные опыты проводили на дерново-подзолистой почве с различной степенью исходного плодородия (Московская обл., опытная станция ВНИИ агрохимии) в севооборотах (табл. 2).

Опыт СШ-1, почва слабокультуренная. Севооборот: 1 – викоовсяная смесь; 2 – озимая пшеница; 3 – клевер 1-го года пользования; 4 – озимая пшеница; 5 – картофель; 6 – ячмень; 7 – овес. Навоз вносили под картофель и вико-овсяную смесь с осени под зяблевую вспашку, известь с осени под озимую пшеницу и ячмень. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию (зерновые) и вспашку весной (картофель); суперфосфат в I и II ротациях в рядки при посеве, в III и IV ротациях – суперфосфат + аммиачная селитра + хлористый калий – весной.

Опыт СШ-8, почва среднекультуренная. Севооборот: картофель – ячмень + многолетние травы – многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования – озимая пшеница – картофель ранний – озимая пшеница. Известкование проводили по полной гидролитической кислотности (8 т/га за ротацию) под картофель. Навоз вносили

Таблица 2. Исходная агрохимическая характеристика почвы опытных участков, слой 0–20 см

Индекс опыта	рН _{KCl}	<i>H</i> _г	Н _{обм}	<i>S</i>	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		мг-экв/100 г			мг/кг		
СШ-1	4.3–4.6	4.5–4.7	0.61–0.75	7–9	12–24	88–159	1.7–1.9
СШ-8	4.1–4.3	4.3–5.6	0.26–0.33	10–12	57–80	115–150	1.6–1.8
СД-1	5.5–6.5	1.0–2.0	0.05–0.10	14–20	150–200	130–200	1.5–1.8

Таблица 3. Влияние известкования на урожайность зерна озимой пшеницы на слабокультуренной почве (опыт СШ-1, средние 4-х полей), ц/га

№ варианта	Вариант	Дозы минеральных удобрений (кг/га), известки и навоза (т/га)		Предшественник					
				Викоовсяная смесь			клевер 1-го года пользования		
		1-я, 2-я ротации	3-я ротация	ротации севооборота					
				1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
1	Контроль	—	—	6.5	6.5	14.8	11.7	12.8	13.8
2	Известь (Са)	Известь 2 т/га под пше- ницу, 2 т/га под викоов- сяную смесь	Известь 2 т/га под викоовсяную смесь	7.7	7.6	17.6	15.2	15.6	17.2
7	НРК	N60P60K60	(НРК)90	22.4	23.6	31.8	25.8	30.1	29.8
6	Са +НРК	Известь 2 т/га + известь 2 т/га + N60P60K60	Известь 2 т/га + + N90P90K90	22.3	23.8	32.4	28.9	31.6	33.4
8	Навоз 1 доза	Навоз 20 т/га под вико- овсяную смесь + навоз 20 т/га под картофель	Навоз 20 т/га + навоз 20 т/га под викоовся- ную смесь и картофель	19.3	13.2	22.9	17.7	15.9	19.8
9	Са + навоз 1 доза	Известь 2 т/га + 2 т/га т + + навоз 20 т/на под вико- овсяную смесь + навоз 20 т/га под картофель	Известь 2 т/га + навоз 20 т/га под викоовся- ную смесь и картофель	19.3	15.5	23.2	20.8	19.0	22.9
НСР ₀₅				3.6	4.2	3.4	2.8	3.8	3.6

под среднепоздний и ранний картофель, минеральные удобрения — ежегодно под предпосевную обработку почвы.

Опыт СД-1, почва высококультуренная. Севооборот: викоовсяная смесь — озимая пшеница — картофель — ячмень. Известкование проводили фоном перед закладкой опыта (8 т/га), навоз вносили дважды за ротацию под первую и третью культуру. Минеральные удобрения в виде N_{aa} , $P_{ст}$, K_x вносили под все культуры при предпосевной обработке. Азотные удобрения под озимую пшеницу вносили дробно: часть дозы (N30–40) — осенью, остальные — весной в подкормку.

Опыт для каждой культуры проводили в 4-х полях, размер делянок 52–100 м² в четырехкратной повторности по методике [10]. Использовали районированные сорта озимой пшеницы в годы проведения опытов. Агрохимические анализы почвы и растений выполняли по общепринятым стандартным методам, статистическую обработку результатов осуществляли в программе STAT ВИУА.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Действие известкования почвы оценивали в неудобренной почве на фоне применения навоза и полного минерального удобрения (табл. 3). В 1-й и 2-й ротациях севооборота известь вносили по

2 т/га под пшеницу и викоовсяную смесь. Эффекта от такого внесения почти не было, прибавка урожайности составила 1.1–1.2 ц/га. В 3-й ротации внесли еще 2 т известки/га под викоовсяную смесь, за счет этого и последствия известки урожайность зерна пшеницы возросла в 2.3–2.4 раза, прибавка 8.3 ц/га получена за счет размещения в севообороте (вариант 1) после клевера. Прибавка 10 ц/га — за счет известкования (вариант 2) по сравнению со средними показателями в 1–2-й ротациях. Действие минеральных удобрений и навоза проявилось только в 3-й ротации, причем влияние как минеральных удобрений, так и навоза, дало одинаковый эффект на фоне известкования. Предшественник — клевер 1-го года пользования за счет накопления биологического азота был более эффективен в 1-й и 2-й ротациях, эффект от известкования в сочетании с НРК на этом предшественнике был более высоким в сравнении с внесением навоза.

При оценке данных в вариантах сравнения (1, 2), (7, 6), (8, 9) выявлено, что известкование давало больший эффект влияния на урожайность пшеницы на бедной дерново-подзолистой почве, что подтверждено средними данными для каждого из предшественников.

Действие навоза в дозе 40 т/га за ротацию изучали на фоне известки и без нее и 80 т/га — на из-

Таблица 4. Влияние навоза на урожайность зерна озимой пшеницы (опыт СШ-1, средние 4-х полей в 1–3-й ротациях и 3-х полей в 4-й ротации севооборота), ц/га

Номер варианта	Вариант	Предшественник							
		викоовсяная смесь				клевер 1-го года пользования			
		ротации севооборота							
		1-я	2-я	3-я	4-я	1-я	2-я	3-я	4-я
1	Без удобрений	6.5	6.5	14.8	18.3	11.7	12.8	13.8	20.1
8	Навоз 1 доза	19.3	13.2	22.9	25.3	17.7	15.9	19.8	27.6
2	Известь (Са)	7.7	7.6	17.6	21.3	15.2	15.6	17.2	22.1
9	Са + навоз 1 доза	19.3	15.5	23.2	27.0	20.8	19.0	22.9	29.1
10	Са + навоз 2 дозы	25.9	21.1	33.0	46.1	24.0	24.3	33.9	48.0
НСР ₀₅		3.6	4.2	3.4	3.3	2.8	3.8	3.6	4.1

весткованном фоне (табл. 4). Оценивая результаты этого опыта, отметили, что известкование и внесение навоза достоверно увеличивало урожайность зерна пшеницы на слабокультуренной почве. Навоз, внесенный за ротацию (40 т/га) без известкования почвы был равноценен по эффективности в этой же дозе, внесенной в известкованную почву, т.е. проявлялся его эффект в прямом действии и в последствии. Навоз был эффективнее на озимой пшенице после предшественника викоовсяной смеси.

Прибавка урожайности зерна при внесении навоза 40 т/га составляла 12.8 ц/га на фоне без извести и 11.6 ц/га — на известкованном фоне. Доза навоза 80 т/га увеличивала урожайность после викоовсяной смеси в 1–3-й ротациях на 6–10 и в 4-й ротации — на 19 ц/га. При оценке эффективности навоза на первое место по влиянию выходил предшественник-клевер. Следует отметить, что такие эффекты от навозного удобрения на бедных почвах можно наблюдать только в длительных опытах. К сожалению, в настоящее время органические удобрения почти не применяют (в РФ — <1 т/га) [11].

Эффективность минеральных систем удобрения изучали в вариантах парных и тройном сочетаний 3-х видов минеральных удобрений и известкованном контроле (табл. 5). Из парных сочетаний наиболее эффективными были *НР* и *РК*. Действие *НК*-удобрений в 1-й и 2-й ротациях было неэффективным. Установлено, что на слабокультуренной, бедной почвенными фосфатами кислой дерново-подзолистой почве в первом минимуме находился фосфор. При урожайности пшеницы на фоне известкования после викоовсяной смеси 7.7 ц/га в 1-й ротации прибавки составили: от сочетания *N50–60P60–70* — 13.1, от *N50–60K40–60* — 2.2, *P60–70K40–60* — 9.7, от

НРК — 14.6 ц/га, после предшественника — клевера при урожайности 15.2 ц/га в контроле соответственно — 10.7, 5.1, 9.5 и 13.7 ц/га. Следовательно, прибавки от отдельных видов удобрений достигали после викоовсяной смеси: от *N* — 4.9, от *P* — 12.4, от *K* — 1.5 ц/га, после клевера: соответственно 4.2, 8.6 и 3.0 ц/га. В 4-й ротации действие различных парных сочетаний практически выравнивалось и было на уровне прибавок 8.7–11.5 ц/га, прибавки от полного минерального удобрения достигали 21.1 ц/га после викоовсяной смеси и 20.5 ц/га — после клевера.

Опыт СШ-1 на слабокультуренной почве с содержанием подвижного фосфора <30 мг/кг показал, что значительное увеличение содержания в почве усвояемых форм фосфатов является первоочередным условием повышения ее плодородия и получения в дальнейшем высоких и устойчивых урожаев всех культур полевого севооборота, включая озимую пшеницу [12–15]. При этом следует подчеркнуть, что в 1-й и 2-й ротациях севооборота основной формой фосфорного удобрения была фосфоритная мука (90%) и только 10% P_2O_5 от общей суммы фосфатов вносили в рядок в форме при посеве зерновых. В 3-й и 4-й ротациях севооборота дозы азотных и фосфорных удобрений были увеличены в 1.5 раза. При этом содержание подвижного фосфора в почве после 2-х ротаций севооборота в вариантах с применением фосфорных удобрений повысилось до 60–80 мг/кг почвы. В связи с этим, а также с увеличением доз удобрений значительно повысилась эффективность от азотных и калийных удобрений.

Опыт СШ-8 заложен на почве среднего уровня окультуренности с содержанием подвижного фосфора 50–80 мг/кг почвы и реакцией почвенной среды 4.1–4.3 (табл. 2). В настоящем сообщении приведены результаты опыта за 2 рота-

Таблица 5. Влияние минеральной системы удобрения на урожайность зерна озимой пшеницы на слабоокультуренной почве (опыт СШ-1, средние 4-х полей в 1–3-й ротациях и 3-х полей в 4-й ротации), ц/га

№ варианта	Вариант		Предшественник							
	ротации севооборота		викоовсяная смесь				клевер 1-го года пользования			
	1–2	3–4	ротации севооборота							
			1-я	2-я	3-я	4-я	1-я	2-я	3-я	4-я
2	Известь (Са)	Известь (Са)	7.7	7.6	17.6	21.3	15.2	15.6	17.2	22.1
3	Са + N60P60	Са + N90P90	20.8	17.5	26.4	30.5	25.9	26.2	25.5	30.8
4	Са + N60K6060	Са + N90K90	9.9	9.9	23.9	31.8	20.3	19.1	23.7	31.2
5	Са + P60K60	Са + P90K90	17.4	18.7	22.9	30.4	24.7	27.7	29.1	30.9
6	Са + N60P60K60	Са + N90P90K90	22.3	23.8	32.4	42.4	28.9	31.6	33.4	42.6
HCP ₀₅			3.6	4.2	3.4	3.3	2.8	3.8	3.6	4.1

ции 7-польного севооборота в некоторых вариантах систем удобрения (табл. 6). Навоз в дозе 20 и 35 т/га вносили в севообороте под картофель поздний и картофель ранний. Минеральные удобрения в парных и тройном сочетаниях применяли в дозах N90P100K130. Кроме этого, применяли средние и повышенные дозы удобрений: N70P80K80 и N130P135K160 в минеральной системе удобрения. Изучали также основную, пониженную и повышенную дозы NPK на фоне навоза в севообороте. Озимую пшеницу в севообороте возделывали после многолетних трав 2-х лет пользования и после парозанимающего раннего картофеля. Хотя озимую пшеницу после разных предшественников выращивали в разные годы, некоторую разницу в действии систем удобрения на урожайность можно считать закономерной. Например, на известкованном фоне без удобрений урожайность зерна озимой пшеницы после предшественника многолетних трав 2-го года пользования была на 8.0–12.6 ц/га больше, чем возделываемой после картофеля, что вполне логично, учитывая положительное влияние бобово-злаковых трав на плодородие почвы [16, 17]. Минеральные и органо-минеральные системы, как правило, обеспечивали прирост урожайности по сравнению с контролем (фон Са). При этом прибавки урожайности зерна пшеницы от NPK после предшествующего картофеля в большинстве вариантов были больше, чем при ее возделывании после трав. Минеральная пониженная система удобрения (вариант 2) лишь незначительно уступала основной базовой системе (вариант 8) в особенности после пласта многолетних трав. В то же время после картофеля основная система удобрения во 2-й ротации севооборота имела преимущество перед пониженной и, в свою очередь, уступала усиленной системе удобрения, т.е. урожай-

ность пшеницы росла в пределах изученного диапазона доз NPK. Следует отметить, что органо-минеральная система удобрения была близка по эффективности эквивалентной ей по количеству д.в. минеральной, уступала последней после трав и была равноценна или несколько превосходила (во 2-й ротации) минеральную систему после картофеля.

Рассматривая влияние различных сочетаний минеральных удобрений, можно отметить, что сочетание NK было близко по эффективности полному минеральному удобрению после многолетних трав в 1-й ротации, несколько уступало таковому во 2-й ротации (на 5 ц/га) и было менее эффективно (на 3.3 и 4.7 ц/га в 1-й и 2-й ротациях) после картофеля, т.е. влияние фосфорного удобрения было неустойчивым после трав и более устойчиво при выращивании пшеницы после картофеля. Сочетание NP достаточно существенно уступало полному минеральному удобрению: на 5.7 и 7.7 ц/га в 1-й и 2-й ротациях после трав и 4.4 и на 9.2 ц/га — после картофеля, т.е. влияние калийного удобрения было более значимым, чем фосфорного. Сочетание PK было равнозначно системе NPK после трав и в 1-й ротации после картофеля, но существенно уступало последнему во 2-й ротации после картофеля (прибавка от азота составила 21 ц/га). Следовательно, наиболее высокое и устойчивое влияние на урожайность зерна озимой пшеницы оказывало калийное удобрение, в меньшей мере — фосфорное и лишь в одной ротации после картофеля — азотное.

Учитывая важность почвенных фосфатов для урожая пшеницы на дерново-подзолистой почве, полевой опыт СД-1 проводили на высококультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с содержанием P_2O_5 в слое 0–20 см 150–200 мг/кг [12–15]. Предварительно были со-

Таблица 6. Урожайность зерна озимой пшеницы в 1-й и 2-й ротациях севооборота при применении минеральной и органо-минеральной систем удобрения на среднекультуренной почве (опыт СШ-8, средние 4-х полей), ц/га

№ варианта	Система удобрения	Удобрения			Предшественник			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	многолетние травы 2-го года пользования		картофель ранний	
					Ротации севооборота			
					1-я	2-я	1-я	2-я
1	Известь (Ca)—фон	—	—	—	41.1	40.0	28.5	32.0
8	Минеральная основная, NPK	90	100	130	44.3	47.9	34.1	49.3
20	NK	90	—	130	45.3	42.9	30.8	44.6
21	NP	90	100	—	38.6	40.2	29.7	40.1
22	PK	—	100	130	46.8	46.8	32.9	28.3
2	Минеральная средняя	70	80	80	44.4	45.3	34.9	40.2
11	Минеральная повышенная	130	135	160	42.3	46.1	30.8	51.0
16	Органо-минеральная (эквивалентно варианту 8)	90	100	130	46.6	46.6	30.7	51.8
18	Органо-минеральная (эквивалентно варианту 11)	130	135	160	41.1	43.9	33.4	52.1
HCP ₀₅					*	2.3	*	5.9

*В 1-й ротации севооборота различия между вариантами были статистически недостоверными.

Таблица 7. Урожайность озимой пшеницы в 1-й и 2-й ротациях севооборота при применении минеральной и органо-минеральной систем удобрения на высококультуренной почве (опыт СД-1, средние 4-х полей), ц/га

Вариант	Система удобрения	Дозы удобрения			Ротации севооборота	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1-я	2-я
1	Известь (Ca) фон	—	—	—	43.5	31.3
2	N1K	90	—	90	51.3	44.4
3	N1P1K	90	60	90	51.7	44.7
4	N1P2K	90	120	90	51.5	44.8
5	N1.5P2K	135	120	90	49.5	47.5
6	N1P2K + навоз 15 т/га	90	60	90	51.9	44.7
7	N1P1K + навоз 30 т/га	90	60	90	52.5	44.6
HCP ₀₅					1.7	5.9

зданы высокие агрофоны внесением извести, фосфорного удобрения и навоза, в результате чего содержание подвижного P₂O₅ было доведено до 200 мг/кг почвы и более. В табл. 7 приведены урожайные данные в опыте (средние 4-х полей на 5-ти фонах окультуренности почвы). В 1-й ротации севооборота достаточно высокая урожайность зерна озимой пшеницы получена при возделывании культуры после викоовсяной смеси, без внесения удобрений, в среднем 43.5 ц/га. Во 2-й ротации урожайность была несколько меньше, что связано с воздействием погодных условий. Различия между системами удобрения

были невеликими, чаще в пределах ошибки опыта. NK-удобрения обеспечили прибавку урожая 7.8 ц/га в 1-й ротации и 13.1 ц/га — во 2-й. Дополнительное внесение фосфорного удобрения и навоза не приводило к существенной прибавке урожайности. В отдельные годы, благоприятные по метеорологическим параметрам, урожайность пшеницы достигала 40–50 ц/га на фоне известкования без удобрений и 53–60 ц/га — при их внесении.

В настоящее время производителями основное внимание уделяется урожайности зерна озимой пшеницы, но при этом необходимо получить не просто высокий урожай зерна, но и обеспечить

Таблица 8. Качество зерна озимой пшеницы на слабоокультуренной почве после предшественника викоовсяной смеси (опыт СШ-1, средние 4-х полей)

Вариант*	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
Без удобрений	36.1	747	10.2	24.2
Известь (Са)	34.7	751	10.2	26.1
Са + N90P90	33.8	705	11.9	32.3
Са + N90K90	35.3	746	11.8	29.2
Са + P90K90	38.5	748	9.7	28.7
Са + N90P90K90	35.3	732	12.7	35.0
N90P90K90	37.4	747	11.7	28.8
Са + 1 доза навоза, последствие	37.3	761	10.3	27.1
Са + 1 доза навоза + N90P90K60	34.3	722	12.5	33.7
Са + 2 дозы навоза + N90P90K90	35.3	725	12.3	31.8
Са + 1 доза навоза + N150P100K100	32.9	716	13.0	34.9
НСР ₀₅	—	26	1.1	3.5

*Единица доза навоза под предшественник (викоовсяная смесь) составляла 20 т/га, минеральные удобрения внесены по схеме: N40P90K90 осенью + N50 (весной, в варианте 11), N60 (в фазе трубкования).

его высокое качество, которое главным образом зависит от систем удобрения, плодородия почвы и предшественника [16–18]. В данной работе использованы обобщенные данные о качестве зерна озимой пшеницы в длительных полевых опытах (табл. 1) при выращивании культуры после бобово-злаковым предшественников на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности. Показано, что на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве (табл. 8) формировалось зерно озимой пшеницы с минимальными показателями массы 1000 зерен и натуры зерна по сравнению со средней и высокоокультуренной почвами. Масса 1000 зерен на первой почве составляла от 33 до 37 г, натура 716–760 г/л. Под влиянием известкования масса 1000 зерен имела тенденцию к снижению, а внесение на этом фоне полного минерального удобрения этот показатель не изменяло. За счет последствия навоза масса 1000 зерен существенно не изменялась, а при внесении полного минерального удобрения она имела тенденцию к снижению. Примерно аналогичная закономерность получена и для показателя натуры зерна.

Содержание белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной на слабоокультуренной почве, изменялось от внесения азотного удобрения, поскольку именно этот элемент определяет накопление в зерне белка [19, 20]. От известкования слабоокультуренной почвы содержание белка в зерне не изменялось. Не получено эффекта от последствия навоза и известки, и только применение азотного удобрения по-

ложительно влияло на накопление в зерне белка и сырой клейковины.

На среднеокультуренной почве (табл. 9) масса 1000 зерен изменялась в вариантах удобрения от 36.1 до 39.7 г, натура зерна — от 735 до 358 г/л. За счет внесения под озимую пшеницу азотного удобрения и от последствия навоза на известкованной почве имела место тенденция к снижению вышеуказанных показателей качества зерна. Содержание в зерне озимой пшеницы сырого белка изменялось за счет применения минеральных удобрений и последствия навоза от 10.7–11.4 до 12.4–13.4% и сырой клейковины — от 26.8–27.5 до 30.0–37.7%. Повышение этих показателей происходило за счет внесения азотного удобрения под озимую пшеницу и последствия навоза, внесенного под предшественник.

На высокоплодородной дерново-подзолистой почве (табл. 10) масса 1000 зерен и натура зерна практически не изменялись от созданного ранее фосфатного фона, последствия известкования почвы и применения навоза и внесения под озимую пшеницу различных сочетаний азота, фосфора и калия. Содержание белка в зерне возрастало с 9.3–9.9% до 10.8–11.7% при внесении под озимую пшеницу азотного удобрения и от последствия навоза, примененного под предшественник.

Содержание в зерне сырой клетчатки в результате улучшения азотного питания повышалось с 22.3–22.6 до 26.5–27.5% от улучшения снабжения азотом в результате использования азотного

Таблица 9. Качество зерна озимой пшеницы на среднеокультуренной почве после предшественника бобово-злаковых трав (опыт СШ-8, средние 4-х полей в 4-й ротации)

Вариант*	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
Известь (Са)	39.7	758	11.4	26.8
Са + N70P80K80	37.7	749	11.9	30.0
Са + N90P100K130	38.1	743	12.9	31.2
Са + N130P135K160	36.7	741	13.6	37.5
N90P100K130	38.5	749	12.4	31.3
Са + навоз 20 т/га под предшественник + N90P100K130	37.9	745	12.6	32.4
Са + навоз 35 т/га под предшественник + N130P135K160	37.1	736	13.4	37.7
Са + N90K130	38.7	749	12.6	32.1
Са + N90P100	36.1	736	12.6	31.5
Са + P100K130	40.2	755	10.7	27.5
НСР ₀₅	—	—	1.1	3.6

*Минеральные удобрения внесены по схеме N30P80—135K80—160 — осенью, другая часть азота N40—100 — весной.

Таблица 10. Качество зерна озимой пшеницы на высокоплодородной почве после предшественника викоовсяной смеси (опыт СД-1, средние 4-х полей)

Вариант*	Фон плодородия	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %
Известь (Са) (фон)	1	41.6	752	9.3	22.6
	3	41.4	742	9.8	22.3
	5	43.2	749	9.9	23.0
Са + N90K90	1	42.2	739	10.1	26.4
	3	42.1	733	10.2	26.4
	5	42.4	741	10.7	27.4
Са + N90 P60K90	1	41.5	740	10.2	26.1
	3	42.4	742	10.8	26.7
	5	43.0	736	10.3	27.1
Са + N135P120K90	1	41.5	730	10.9	26.5
	3	41.0	732	11.1	29.1
	5	42.5	736	11.7	29.4
Са + N90P60K90 + навоз 60 т/га под предшественник	1	41.8	766	10.8	27.5
	3	42.1	763	11.3	27.5
	5	42.6	737	11.5	27.2
НСР ₀₅ частных различий		4.7	26	0.7	2.8
НСР ₀₅ главных эффектов		2.7	15	0.4	1.6

*Минеральные удобрения внесены по схеме: N45P60, 120K90 — осенью, другая часть азота N45,90 — весной.

**Агрофоны различной окультуренности: 1 — естественное плодородие, 3 — P2000, 5 — P1600 + навоз 160 т/га.

удобрения и последствий навоза. Следует подчеркнуть, что на этой почве в результате формирования более высокого урожая зерна в результате эффекта разбавления [6] в нем белка и сырой клейковины накапливалось меньше, чем при вы-

ращивании озимой пшеницы на менее плодородных почвах.

Качество зерна озимой пшеницы по содержанию белка и сырой клейковины при изученных уровнях плодородия дерново-подзолистой почвы

в большинстве вариантов соответствовали зерну 3-го класса согласно требованиям ГОСТ (массовая доля белка $\geq 12\%$, массовая доля сырой клейковины $\geq 23\%$) [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что на слабоокультуренной почве внесение навоза 40 т/га за ротацию обеспечивало более высокий эффект влияния на урожайность зерна озимой пшеницы (прибавка 3–5 ц/га), чем внесение извести, а их сочетание способствовало дальнейшему повышению урожайности зерна. За счет предшественника викоовсяной смеси дополнительно получено зерна пшеницы 6.5 ц/га, после клеверного предшественника прибавка составила 11.7–12.8 ц/га, что было связано с большим накоплением биологического азота клевером в сравнении с однолетней викоовсяной смесью. На этой почве внесение минеральных удобрений в дозе N90P90K90 обеспечило получение зерна пшеницы 22–32 ц/га после предшественника викоовсяной смеси и 30–34 ц/га – после клевера. На среднеокультуренной почве урожайность зерна 40–45 ц/га формировалась при выращивании озимой пшеницы после пласта многолетних бобово-злаковых трав и при внесении минеральной системы удобрения, при применении органо-минеральной системы удобрения она достигала 50–52 ц/га. На высокоокультуренной дерново-подзолистой почве без применения минеральных удобрений урожайность зерна озимой пшеницы составляла 30–40 ц/га и при внесении минеральных удобрений при последствии навоза она достигала 53–58 ц/га.

При известковании почвы и внесении в различных сочетаниях минеральных удобрений и навоза улучшались показатели качества зерна: масса 1000 зерен, натурная масса зерна, содержание сырого белка и сырой клейковины, причем величины этих показателей определялись уровнем удобренности, величиной урожайности и плодородием почвы. На слабоокультуренной почве в зерне озимой пшеницы возрастало содержание белка с 9.7–10.2 до 12.3–13.0%, сырой клейковины – с 24.2–26.1 до 32.0–34.0% за счет внесения азотного удобрения на фоне последствия навоза и извести. На среднеокультуренной известкованной почве содержание в зерне белка возрастало с 10.7–11.4 до 12.4–13.4% и сырой клейковины – с 26.8–27.5 до 30.0–37.7% за счет применения под озимую пшеницу азотного удобрения в дозах N90 равными частями осенью и весной в подкормку, максимальные величины этих показателей получены при внесении азота

при последствии навоза, внесенного под предшественник озимой пшеницы. На высокоплодородной известкованной почве при урожайности зерна 55–60 ц/га в зерне накапливалось 10.5–12.0% белка и 26.5–29.0% сырой клейковины при внесении под озимую пшеницу азотного удобрения и при последствии навоза. При использовании оптимальных сочетаний средств химизации в зерне озимой пшеницы содержание белка достигало 13.2–13.9%, сырой клейковины – 25–39%, что соответствовало 3-му классу качества.

Следовательно, на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья России с низким естественным плодородием за счет оптимального размещения озимой пшеницы в севооборотах с бобовыми культурами, применения минеральных и органических удобрений на фоне известкования почвы реально достичь урожайности зерна озимой пшеницы 55–60 ц/га при его качестве на уровне 3-го класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А.И. Совершенствование организационного механизма – необходимое условие увеличения производства высококачественного зерна пшеницы в стране // Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. М.: Росинформагротех, 2018. С. 5–40.
2. Сандухадзе Б.И., Журавлева Е.В., Кочетыгов Г.В. Озимая пшеница Нечерноземья в решении продовольственной безопасности Российской Федерации. М.: НИИСХ “Немчиновка”, 2011. 156 с.
3. Алабушев А.В., Раева С.А. Производство зерна в России. Ростов н/Д.: ЗАО “Книга”, 2013. 144 с.
4. Ладонин В.Ф., Алиев А.М., Самойлов Л.Н. Агроэкологические проблемы комплексной химизации земледелия. М.: ВИУА, 2000. 87 с.
5. Алиев А.М., Сычев В.Г., Ваулина Г.И., Самойлов Л.Н. Научные основы комплексного применения средств химизации и экологические аспекты интенсивного земледелия. М.: ВНИИА, 2013. 196 с.
6. Шафран С.А. Почва, удобрения, урожай. Избр. тр. М., 2019. 471 с.
7. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Прогноз потребности сельского хозяйства России в минеральных удобрениях к 2030 г. // Плодородие. 2016. № 2. С. 5–7.
8. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: ВНИИА, 2012. 212 с.
9. Brankatschk G. Modeling crop rotations and co-products in agricultural life cycle assessments. Wiesbaden, Germany: Springer Vieweg, 2019. 430 p.
10. Минеев В.Г., Панников В.Д., Трепачев Е.П. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. Особенности закладки и проведения длительных опытов в различных условиях. М.: ВИУА, 1986. 147 с.

11. *Кашин В.И.* Земле-матушке — особое внимание // Сел. жизнь, 2020. № 9. С. 8–9.
12. *Кирпичников Н.А.* Эффективность известкования и фосфорных удобрений при различных агрохимических свойствах дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья // Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. М.: Росинформагротех, 2018. С. 145–155.
13. *Курганова Е.В.* Плодородие и продуктивность почв Московской области. М.: Изд-во МГУ, 2002. 320 с.
14. *Трофимов С.Н., Коваленко А.А.* Фосфорное состояние и изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в длительных полевых опытах // Агрохимия. 2017. № 8. С. 3–15.
15. *Коваленко А.А., Трофимов С.Н., Хайдуков К.П.* Влияние степени окультуренности почвы и удобрений на устойчивость урожаев сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2015. № 2. С. 30–33.
16. *Завалин А.А., Сычев В.Г., Алметов Н.С.* Использование минеральных удобрений и биологического азота в севооборотах Нечерноземной зоны России. М.: ВНИИА, 2014. 84 с.
17. *Wanic M., Denert M., Treder K.* Effect of forecrops on the yield and quality of common wheat and spelt wheat grain // J. Elementol. 2018. № 24 (1). P. 369–383.
18. *Hlisenkovský L., Kunzová E., Hejzman M., Dvořáček V.* Effect of fertilizer application, soil type, and year on yield and technological parameters of winter wheat (*Triticum aestivum*) in the Czech Republic // Arch. Acker. Pfl. Boden. 2015. V. 61. P. 33–55.
19. *Завалин А.А., Соколов О.А.* Азот и качество пшеницы // Плодородие. 2018. № 1. С. 14–17.
20. *Litke L., Gaile Z., Ruža A.* Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality // Agron. Res. 2018. V. 16 (2). P. 500–509.
21. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия. М., 2006. 9 с.

Influence of Chemical Agents on the Yield and Quality of Winter Wheat Grain on Sod-Podzolic Soil of Different Degrees of Cultivation

A. A. Zavalin^a, A. A. Kovalenko^a, T. M. Zabugina^a, L. N. Samoylov^a, and S. N. Sapozhnikov^{a, #}

^a D.N. Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia

[#] E-mail: ssapozhnikov81@gmail.com

The article presents the results of research in long-term field experiments to assess the effectiveness of the use of chemicals for winter wheat on sod-podzolic soil of different degrees of cultivation in the central Non-chernozom region of Russia. Manure and mineral fertilizers were used in various combinations and doses against the background of liming of the soil and without it. On poorly cultivated soil, the application of manure 40 t/ha per rotation provided a greater effect on the yield of winter wheat grain (an increase of 3–5 c/ha) than the application of lime, and their combination contributed to a further increase in grain yield. Due to the placement of winter wheat after the vico-oat siesi, 6.5 c/ha of wheat grain was additionally obtained, after the clover predecessor — 11.7–12.8 c/ha. The application of mineral fertilizers in low-cultivated soil at a dose of N90P90K90 ensured the production of 22–32 c/ha of wheat grain after the vico-oat mixture and 30–34 c/ha after the clover. On medium-cultivated soil, the grain yield of 40–45 c/ha was formed when growing winter wheat after a layer of perennial legumes and cereals and applying a mineral fertilizer system, when using an organo-mineral fertilizer system, it reached 50–52 c/ha. On highly cultivated soil, the yield of winter wheat grain with the use of N90P90K90 on the background of lime reached 53–58 c/ha. When liming the soil and applying various combinations of mineral fertilizers and manure, grain quality indicators improved: weight of 1000 grains, natural weight, protein and crude gluten content, and the value of the indicators was determined by the level of fertilization, yield and soil fertility. When using optimal combinations of chemicals in winter wheat grain, the protein content reached 13.2–13.9%, raw gluten — 25–39%, which corresponded to the 3rd quality class.

Key words: yield, grain, grain quality, limed, manure, mineral fertilizers, soil cultivation.