

УДК 633.11«324»+633.14«324»]:631.559:631.811:631.582

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА РЖИ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ 65-ЛЕТНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ, СЕВОБОРОТА И БЕССМЕННЫХ ПОСЕВОВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

ДОСПЕХОВ Б. А., КИРЮШИН Б. Д.

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В некоторых хозяйствах нечерноземной зоны РСФСР удельный вес зерновых культур в специализированных севооборотах уже доведен до 75 и более процентов. В ряде стран Европы доля зерновых в структуре пахотных земель составляет 65—75%, а в отдельных районах превышает 90% [7]. При такой специализации возникают большие трудности в организации рациональных севооборотов, требуется разработка комплекса мероприятий по повышению урожая зерновых культур и качества зерна в условиях максимального насыщения ими севооборота. Многие зарубежные исследователи [4] считают возможным выращивание зерновых либо в упрощенном севообороте, либо бесменно (озимая пшеница, ячмень) без ущерба как с экономической, так и агроэкологической точки зрения.

Естественно, возникает важный в научном и практическом отношении вопрос о возможных масштабах депрессии урожаев и снижении качества зерна при длительном возделывании зерновых культур в узкоспециализированных севооборотах и о путях преодоления этого явления в условиях интенсивного земледелия. Несмотря на исключительную актуальность вопроса, современное состояние исследований проблемы максимального насыщения севооборота зерновыми культурами нельзя признать удовлетворительным. Временные рекомендации по специализации севооборотов в интенсивном земледелии [1] базируются в основном на данных краткосрочных однофакторных опытов, и необходимо более глубокое, комплексное исследование проблемы в условиях стационарных многолетних многофакторных полевых опытов. Особый интерес представляют опыты с повторными и бесменными посевами, которые позволяют выяснить возможные причины уменьшения урожаев в севооборотах с высоким насыщением зерновыми или пропашными, или техническими культурами. Из-за отсутствия во многих стационарных опытах с севооборотами участков бесменных культур, якобы «непрактичных», часто нельзя выявить истинную причину преимущества того или иного чередования, разработать эффективные способы по предотвращению снижения урожаев при насыщении севооборота ведущими культурами. В этих случаях возможны ошибки в интерпретации результатов эксперимента.

В задачу нашей работы входило изучение действия 65-летнего применения удобрений, периодического известкования, севооборота и бесменных посевов на урожайность и качество зерна ржи и озимой пшеницы.

Объекты и методы

Исследования проводили в 1973—1977 гг. на базе длительного стационарного полевого опыта кафедры земледелия и методики опытного дела Тимирязевской академии, заложенного в 1912 г. на легкосуглинистой дерново-подзолистой почве. Особенность длительного опыта ТСХА — изменение агротехники, т. е. приведение ее в соответствии с уровнем развития науки и техники. За 65 лет принципиальная сторона схемы не изменялась, однако периодически улучшались сопутствующие агротехнические условия. Это касается, например, доз удобрений и их соотношений. В первый период опыта (1912—1938 гг.) ежегодно вносили на 1 га 7,5 кг д. в. азотных удобрений, 1,5 кг фосфорных и 22,5 кг калийных. Во второй (1939—1945 гг.) и третий (1955—1972 гг.) периоды дозы минеральных удобрений были увеличены: азота до 50—75 кг/га, фосфора — 60—75 и калия до 60—90 кг/га. В четвертый период (с 1973 г.) вносили $N_{100}P_{150}K_{120}$.

Кроме того, систематически совершенствуются приемы обработки почвы, способы внесения удобрений, высеваются семена более урожайных сортов. В настоящее время стационар включает: 1 — бессменные культуры: рожь, картофель, ячмень (до 1973 г. овес), озимая пшеница (до 1973 г. клевер), лен-долгунец и поле вечно пара с 1912 г.; 2 — 6-польный севооборот с 1912 г.: пар (с 1968 г. в четные годы черный; в нечетные — занятый картофелем), рожь, картофель, ячмень (до 1973 г. овес), клевер, лен-долгунец; 3 — севооборот во времени по известкованной части делянок 38-летнего бессменного пара с 1949 г. Начиная с 1973 г. на нечетных полях основного севооборота (1, 3, 5) удобрения вносятся по схеме, принятой в 1912 г. (0, N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз + NPK), а на четных полях (2, 4 и 6) начато изучение действия на продуктивность растений и качество урожая единой высокой дозы полного минерального удобрения ($N_{100}P_{150}K_{120}$), которая вносится сплошь на всех 18 делянках этих полей. К настоящему времени на каждом из трех полей, удобряемых дифференцированно или сплошь, прошло по 5 культур.

Основными объектами наших исследований были рожь сорта Гибридная 2 и озимая пшеница сорта Мироновская 808. Агротехника ржи и пшеницы в опытах была обычной, принятой для Московской области.

Озимую пшеницу начали возделывать в опыте бессменно с 1973 г. на поле, где в предшествующие почти 60 лет бессменно выращивались многолетние травы — клевер красный или травосмесь клевера с тимофеевкой. Для подавления сорняков в течение трех лет (1966—1968) здесь выращивали последовательно рожь, картофель ранний, рожь с подсевом травосмеси. Своеобразной особенностью динамики урожайности клевера или бобово-злаковой травосмеси при бессменном возделывании является ее периодичность. С возрастом, на 2—3-й год пользования, урожайность трав резко снижалась, в травостое начинали преобладать сорняки, и поле перепаживали для возобновления. По наблюдениям за 1950—1972 гг., всходы трав обычно появляются нормальные, по внешнему виду ничем не отличающиеся от всходов клевера и тимофеевки в севообороте, но из-за обилия сорняков, причем специфических, на делянках, удобренных по-разному, клевер уже в фазе 2—4 листочков погибает. Если травы после посева достаточно окрепнут до массового появления всходов сорняков, то в дальнейшем они дают хорошие урожаи. И еще одна характерная особенность, отмеченная при бессменной культуре клевера, — почти полное отсутствие клубеньков на его корнях. Известкование способствовало некоторому увеличению количества клубеньков, но и в этом случае они были обработаны неактивными клубеньковыми бактериями.

В данном сообщении рассматриваются три основных варианта многолетнего опыта (по известкованному и неизвесткованному фону):

1 — 0 (без удобрений); 2 — $N_{100}P_{150}K_{120}$; 3 — навоз 20 т + $N_{100}P_{150}K_{120}$. Исследования с озимой пшеницей проводили также по вариантам $P_{150}K_{120}$ и навоз 20 т.

Урожайность ржи и озимой пшеницы учитывали поделочно методом сплошного обмолота. Влажность зерна, натуру, массу 1000 зерен, зольность, стекловидность, количество и качество сырой клейковины определяли по ГОСТам; кислотность шрота — в водной вытяжке по методике, описанной Мясниковой А. В. и Ралль Ю. С. (1973).

После мокрого озоления растительной навески по К. Е. Гинзбургу содержание азота определяли фенольным методом, фосфора — на электрофотоколориметре, калия — на племенном фотометре; общее содержание сырого белка — умножением количества общего азота на коэффициент 5,7.

Физические свойства теста из пшеничной муки определяли на фаринографе Брабендера и альвеографе Шопена.

Состояние углеводно-амилазного комплекса зерна ржи оценивалось с помощью амилографа Брабендера, амилолитическая активность зерна ржи и пшеницы — на приборе Хагберга — Пертена. Пробные выпечки пшеничного хлеба осуществляли ускоренным способом по методике Государственной комиссии по сортоиспытанию, а ржаного хлеба — по методике ВИР в модификации ВНИИЗ. Качество хлеба определяли органолептически, а также на основании объемного выхода, отношения высоты к диаметру (для подового), пористости и, кроме этого, для ржаного хлеба — сжимаемости мякиша на пенетрометре¹.

Математическая обработка данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов.

Среднесуточные температуры воздуха и суммы осадков за май — август 1973—1976 гг. характеризуются большой вариабельностью.

По сумме выпавших осадков и температуре воздуха за май — июль 1975 год можно отнести к сильно засушливым; созревание озимых зерновых культур наступило почти на 3 недели раньше, чем во влажные и прохладные годы — 1974 и особенно 1976.

Урожайность озимой ржи Гибридная 2 и качество зерна

В наших предшествующих работах [2, 3] показано, что почвы пахотного (0—20 см) слоя 60-летнего плодосмена и бессменных зерновых культур в условиях интенсивного применения удобрений не различаются существенно по гумусированности, содержанию подвижных форм фосфора, калия и другим показателям, характеризующим их окультуренность. Решающее влияние на агрономические свойства почвы оказали систематическое унавоживание, применение минеральных удобрений и известкование.

Полученные данные убедительно показывают, что почвы, где 60 лет непрерывно возделывается рожь, по уровню окультуренности даже превосходят почвы плодосменного севооборота. Причина этого становится ясной при сопоставлении выноса элементов питания урожаями бессменной ржи и культур севооборота и их возврата с удобрениями. На неудобренной почве севооборота вынос азота, фосфора и калия с урожаями за 60-летний период опыта (1912—1972) более чем на 40%, а по фону NPK и навоз + NPK — почти на 60% был больше, чем в посевах бессменной ржи.

¹ Авторы выражают искреннюю благодарность проф. Л. А. Трисвятскому и проф. Г. В. Гуляеву за предоставленную возможность провести технологическую оценку качества зерна в лабораториях кафедры хранения и технологии с.-х. продуктов ТСХА, ВНИИЗ и НИИСХЦР НЗ.

Данные, представленные на рис. 1, показательны в двух отношениях.

Во-первых, по мере совершенствования агротехники урожая озимой ржи возрастали как в севообороте, так и в условиях 65-летних бессменных ее посевов. Особенно четко эта общая закономерность роста продуктивности растений при интенсификации земледелия проявилась в последние два периода опыта (1955—1977), когда стали периодически известковать почву и вносить высокие дозы минеральных удобрений. По фону полного минерального удобрения урожай зерна бессменной ржи повысился на 15,1 ц/га, а в севообороте по NPK и навоз+NPK — на 14,5 и 16,7 ц/га соответственно. После заметной депрессии урожаев не удобряемой с 1912 г. бессменной ржи отмечается тенденция к их росту в последние два периода опыта, особенно на известкованной почве, где в среднем за 1973—1977 гг. они достигли 12,8 ц/га.

Во-вторых, при систематическом применении высоких доз удобрений, периодическом известковании и выполнении агротехнических приемов на высоком уровне заметно снижается эффективность плодосменного севооборота даже по сравнению с 65-летней бессменной культурой озимой ржи. Этот принципиальный для современного интенсивного специализированного земледелия вывод вытекает как из сопоставления кривых 2—4 на рис. 1, так и из анализа обобщенных данных, характеризующих эффективность севооборота в первые и последние два периода стационарного опыта. Так, на неудобренной почве, несмотря на рост урожаев бессменной озимой ржи в последние годы, эффект севооборота во времени заметно возрастает, тогда как по фону минеральных удобрений абсолютные и относительные прибавки урожая зерна озимой ржи от севооборота снижаются: в 1913—1954 гг. (без известки) на неудобренных участках — 6,0 ц/га (97%), по NPK — 10,1 (99%), в 1955—1977 гг. (по известки) — соответственно 12,4 (101%) и 6,9 (30%).

В севообороте звено пар чистый — рожь в последние годы обеспечивает по фону интенсивного применения NPK прирост урожая зерна ржи по сравнению с урожаем при бессменной культуре на 6,9 ц/га. Вместе с тем выход зерна с гектара пашни в первом случае ниже, чем в последнем — за 1955—1977 гг. соответственно 15,1 и 23,4 ц/га.

Данные многолетнего опыта ТСХА не подтверждают распространенного представления о том, что в условиях высокой агротехники и интенсивного применения удобрений эффективность рациональных севооборотов для зерновых культур возрастает. В этом легко убедиться, если проанализировать данные более чем 120-летних опытов с бессменными культурами на Ротамстедской опытной станции в Англии [12]. Урожай бессменной (с 1844 г.) озимой пшеницы и бессменного (с 1852 г.) ячменя резко повысились после 120—125-летнего непрерывного возделывания в результате совершенствования агротехники, введения новых сортов и увеличения доз азотных удобрений. На неудобренной почве, а также при низком уровне химизации севооборот и здесь обеспечивает значительную (10—16 ц/га) прибавку урожая, а высоких доз азота она сокращается до 2,3—3,2 ц/га (табл. 1).

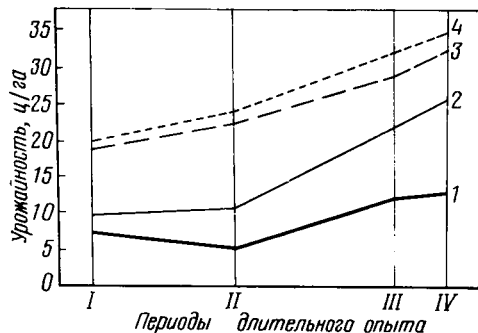


Рис. 1. Средние урожаи зерна озимой ржи по периодам 65-летнего опыта ТСХА: первый (1913—1938) и второй (1939—1954) без известки, третий (1955—1972) и четвертый (1973—1977) — по известки.

1 — бессменно с 1912 г. без удобрений; 2 — то же по NPK; 3 — в севообороте с 1912 г. по NPK; 4 — то же по фону навоз+NPK.

Т а б л и ц а 1

Урожайность озимой пшеницы и ячменя в длительных опытах Ротамстеда в зависимости от условий возделывания (ц/га, среднее за 1970—1975 гг.)

Условия возделывания	Оз. пшеница				Условия возделывания	Ячмень			
	N ₀	N ₄₅	N ₉₀	N ₁₄₄		N ₀	N ₄₅	N ₉₀	N ₁₄₄
Бессменно с 1844 г.	17,0	39,9	52,3	54,7	Бессменно с 1852 г.	23,9	41,3	54,5	54,5
В севообороте	26,7	53,6	61,9	59,9	В севообороте	40,0	52,3	56,8	75,6
Прибавка от севооборота	9,7	13,7	9,6	3,2	Прибавка от севооборота	16,1	11,0	2,3	3,1

Таким образом, и в этих, самых длительных в мире опытах наблюдается та же закономерность — снижение эффективности севооборота по мере интенсификации земледелия. В опыте ТСХА более высокие эффекты от плодосмена (7 ц/га, или 30%) в условиях интенсивного применения повышенных доз удобрений объясняются рядом причин, в частности возделыванием ржи по черному пару, а также недостаточно действенной борьбой с засоренностью бессменных посевов ржи (гербициды начали применять только с 1977 г.). В среднем за последние три года засоренность посевов и вынос сорняками элементов питания были здесь в 3—4 раза выше, чем в севообороте. Кроме того в опыте еще не применяются специальные химические и агротехнические средства защиты растений от болезней и вредителей при бессменном возделывании зерновых культур.

Урожайность и показатели качества зерна озимой ржи в длительном опыте ТСХА связаны как с уровнем агротехники, так и с погодными условиями. Наиболее тесно урожай зерна, особенно в севообороте, коррелировали с суммой осадков и температурой воздуха за май — июль. Коэффициенты множественной корреляции (*R*), характеризующие эту зависимость, по данным за 1958—1976 гг., при бессменном возделывании ржи колебались от 0,52 до 0,68, в севообороте — от 0,67 до 0,87.

Т а б л и ц а 2

Действие севооборота и 65-летнего применения удобрений на урожайность озимой ржи и содержание сырого белка в зерне

Условия возделывания с 1912 г.	Варианты	Без извести				По извести			
		1974 г.	1975 г.	1976 г.	в среднем	1974 г.	1975 г.	1976 г.	в среднем
Урожайность, ц/га									
Бессменно	0	11,1	6,9	11,7	9,9	17,4	6,4	15,7	13,2
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	25,0	20,3	20,5	21,9	44,3	12,0	18,8	25,0
В севообороте	»	24,9	41,0	41,3	35,7	22,9	42,3	33,5	32,9
»	Навоз, 20 т + + N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	19,6	51,1	45,1	38,6	21,0	40,3	35,2	32,2
Сырой белок, %									
Бессменно	0	9,7	11,1	9,8	10,2	10,3	7,9	9,2	9,1
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	10,1	8,8	11,9	10,3	11,0	9,2	11,4	10,5
В севообороте	»	13,4	12,8	11,5	12,6	11,8	14,2	12,0	12,7
»	Навоз, 20 т + + N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	14,1	14,9	11,9	13,6	12,0	16,2	12,0	13,6

Действие севооборота и 65-летнего применения удобрений на физико-химические свойства зерна озимой ржи (в среднем за 1974—1976 гг.)

Условия возделывания	Варианты	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Зольность, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Кислотность, Град.
Без извести							
Бессменно	0	25,9	711	1,92	0,86	0,64	3,2
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	23,8	690	1,97	0,90	0,63	3,9
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	25,9	676	2,22	1,00	0,66	4,1
»	Навоз, 20 т +						
	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	25,4	662	2,19	0,99	0,68	4,2
В среднем		25,2	685	2,07	0,93	0,65	3,8
По извести							
Бессменно	0	25,0	713	2,02	0,88	0,64	3,4
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	25,2	696	2,05	0,98	0,66	3,8
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	27,5	669	2,05	0,89	0,63	3,4
»	Навоз, 20 т +						
	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	26,8	668	2,18	0,98	0,67	4,00
В среднем		26,1	686	2,07	0,93	0,65	3,6

Корреляционный анализ показал, что в условиях бессменного посева почти 40%, в севообороте 60% варьирования урожаев по годам обуславливалось действием метеорологических факторов. При расчете парных коэффициентов корреляции выявилась наиболее сильная положительная связь урожаев ржи с количеством осадков в июне.

Таким образом, значительная зависимость урожаев ржи от осадков и температуры воздуха в мае — июле и даже от осадков в одном июне и большая вариабельность этих показателей (коэффициент вариации осадков в июне, например, превышает 40%) обуславливают резкие колебания урожаев и показателей качества зерна ржи по годам (табл. 2—4).

Пищевая и технологическая ценность озимой ржи тесно связана с содержанием и качеством белковых веществ, особенностями углеводно-амилазного комплекса и физико-химическими свойствами зерна.

Действие севооборота и 65-летнего применения удобрений на состояние углеводно-амилазного комплекса зерна озимой ржи

Условия возделывания	Варианты	«Число падения», с				Высота амилограммы, Е. А.			
		1974	1975	1976	в среднем	1974	1975	1976	в среднем
Без извести									
Бессменно	0	126	173	118	139	320	435	270	342
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	122	211	86	140	220	645	116	327
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	62	201	80	114	58	430	101	196
»	Навоз, 20 т +								
	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	64	230	79	124	60	390	101	184
По извести									
Бессменно	0	142	245	104	164	305	800	210	438
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	120	207	84	137	230	620	116	322
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	65	236	65	122	66	445	88	200
»	Навоз, 20 т +								
	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	66	182	70	106	75	363	97	179

Белок ржаного зерна отличается от пшеничного повышенным содержанием незаменимых аминокислот. Если биологическую ценность белков молока принять за 100, то ценность белков ржи составит 83, а пшеницы — 41 [5].

Содержание белка в ржаном зерне в среднем по нашей стране составляет 11—14%; в нечерноземной зоне редко превышает 11% [11]. Анализ данных табл. 2 показывает, что, хотя севооборот и интенсивное применение удобрений и влияют на белковость зерна не так сильно, как на урожай, положительное действие этих факторов проявляется достаточно четко. При возделывании ржи в севообороте по фону $N_{100}P_{150}K_{120}$ повышалось содержание белка в зерне в среднем за 3 года на 2,25%, а при систематическом унавоживании наблюдалось дальнейшее повышение белковости в среднем на 1%. Известкование не оказывало существенного влияния на содержание белка; бессменное выращивание озимой ржи без удобрений снижало белковость зерна до 8—10%.

Ряд физико-химических показателей качества зерна озимой ржи также свидетельствует о положительной роли севооборота и интенсивного применения удобрений. В севообороте были выше масса 1000 зерен и их выравненность, что снижало массу зерна на 10—30 г/л. Следует подчеркнуть, что в севообороте масса 1000 зерен слабо варьировала по годам — от 25,5 до 28,0 г, тогда как в условиях бессменной культуры — в пределах 22,0—28,5 г (табл. 3).

Под действием севооборота и удобрений наблюдалось, особенно отчетливо на неизвесткованной почве, увеличение зольности зерна ржи, что связано с более интенсивным потреблением растениями фосфора и калия из почвы наиболее удобренных вариантов. Корреляционный анализ показал довольно тесную положительную корреляцию фосфора и калия в ржаном зерне с содержанием подвижных форм этих элементов в почве ($r=0,7\div 0,9$). Увеличение солей фосфорной кислоты в зерне способствует повышению его кислотности.

Амилолитическую или автолитическую активность зерна определяют на основе измерения вязкости водно-мучнистой суспензии при нагревании, т. е. в процессе клейстеризации на амилографе по максимальной высоте амилограммы и по «числу падения» на приборе Хагберга — Пертена.

По международным нормам для ржи максимальная высота амилограммы не должна быть ниже 400 единиц прибора (Е. А.), а «число падения» — не менее 200 с. На состояние углеводно-амилазного комплекса большое влияние оказывают погодные условия. Так, по годам «число падения» варьировало от 62 до 245 с, максимальная высота амилограммы — от 100 до 800 Е. А., а по вариантам опыта — от 60 до 80 с, или 300 Е. А. (табл. 4).

Корреляционный анализ данных о максимальной высоте амилограммы за 1963—1975 гг. позволил установить, что состояние углеводно-амилазного комплекса зерна ржи на неудобренной почве на 60—70% определяется погодными условиями. Интенсивное удобрение снижало эту зависимость до 35%. Таким образом, удобрения, как и севооборот, понижая максимальную высоту амилограммы, особенно в благоприятные по метеорологическим условиям года, уменьшают вариацию этого показателя. Повышение амилоактивности зерна исследователи объясняют сокращением размеров крахмальных зерен под действием удобрений и севооборота [8].

Процесс клейстеризации ржаной муки существенно влияет на ее хлебопекарные свойства. Испытания ржаного шрота на амилографе показали незначительное варьирование начальной температуры клейстеризации (52—55°) по вариантам и годам, конечная температура колебалась в разные годы от 60 до 73°. Часто некоторое снижение хлебопекарного качества ржаной муки связывают с применением полного

Действие севооборота и 65-летнего применения удобрений на качество ржаного хлеба (по фону без извести)

Условия возделывания ржи с 1912 г.	Варианты	Объемный выход хлеба, мл	Пористость, %	Физические свойства мякиша на пенетрометре		
				общая деформация, ед. пен.	упругая деформация, ед. пен.	относительная пластичность, %
1974 г.						
Бессменно	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	333	70,4	33,5	12,5	62,7
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	313	63,6	31,5	7,2	77,3
1975 г.						
Бессменно	0	323	65,3	23,5	14,5	38,3
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	345	68,0	29,0	14,0	51,7
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	353	73,0	34,2	15,0	55,6
1976 г.						
Бессменно	0	310	87,1	33,2	12,7	61,8
»	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	319	89,0	41,2	11,4	73,1
В севообороте	N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	344	88,7	50,7	13,0	68,7

удобрения [12]. По нашему мнению, это обусловлено главным образом действием азотных удобрений. Влажные погодные условия 1974 и 1976 гг. способствовали повышению автолитической активности зерна, вследствие чего снизились его хлебопекарные достоинства. Под действием минеральных удобрений и севооборота объемный выход хлеба возрастал (табл. 5).

Следует отметить, что объемный выход не считается достаточно типичным показателем качества ржаного хлеба. Агротехнические факторы и погодные условия в большей степени действуют на физические свойства мякиша, чем на объемный выход хлеба.

При испытании свойств мякиша на пенетрометре принимается, что с увеличением упругой деформации и снижением относительной пластичности качество хлеба улучшается. В условиях влажной погоды 1974 и 1976 гг. в севообороте по фону минеральных удобрений (N₁₀₀P₁₅₀K₁₂₀) получен хлеб низкого качества — с подорванной коркой и влажным залипающим мякишем. Благоприятные условия 1975 г. обеспечили получение хлеба хорошего качества с сухим эластичным мякишем. В неудобренных вариантах, а также по фону навоза (без ми-

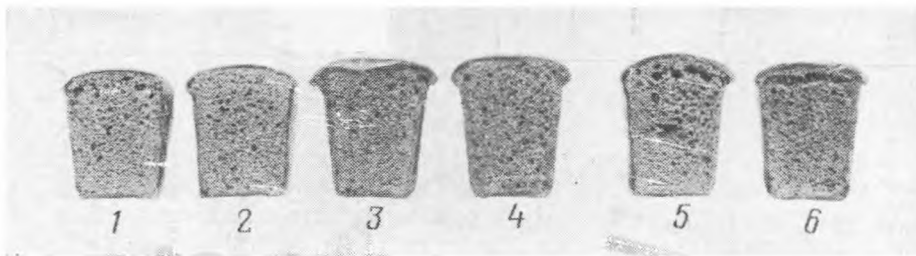


Рис. 2. Хлеб из зерна озимой ржи с 65-летнего опыта ТСХА урожая 1975 г. (1—4) и 1974 г. (5—6) на неизвесткованных участках.

1 — бессменно с 1912 г. без удобрений; 2 — то же по NPK; 3 — в севообороте с 1912 г. без удобрений; 4 — то же по NPK; 5 — бессменно с 1912 г. по NPK; 6 — в севообороте с 1912 г. по NPK.

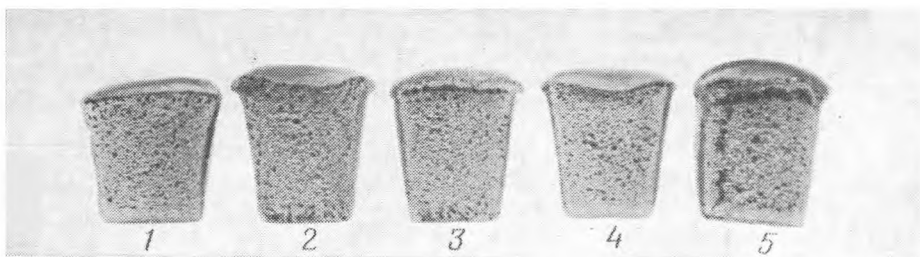


Рис. 3. Хлеб из зерна озимой ржи с 65-летнего опыта ТСХА урожая 1976 г. на известкованных участках.

1 — бессменно с 1912 г. без удобрений; 2 — то же по навозу; 3 — то же по NPK; 4 — в севообороте с 1912 г. по фону NPK с 1973 г.; 5 — то же по фону NPK с 1912 г.

неральных удобрений) в условиях 65-летней бессменной культуры ржи получен хлеб относительно хорошего качества и во влажном 1976 г. (рис. 2—3).

Урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 и качество зерна

Почвы участка 60-летних бессменных трав, по фону которых после обработки поля по типу черного пара начали бессменно возделывать озимую пшеницу и применять высокие дозы минеральных удобрений ($N_{100}P_{150}K_{120}$), в изучаемых вариантах существенно различались по уровню окультуренности-гумусированности, содержанию подвижных форм калия и особенно фосфора. Известкование не оказало заметного влияния на эти показатели. Кислотность почвы ($pH_{\text{сол}}$) на известкованных фонах была в пределах 4,0—4,5, а по фону извести — 5,5—6,0. Столь существенные различия в предшествующей окультуренности почвы по вариантам в сочетании с последующим интенсивным применением удобрений сказались, естественно, на урожае и белковости зерна озимой пшеницы (табл. 6).

Из зерновых культур озимая пшеница наиболее требовательна к окультуренности почвы. Поэтому во все годы исследований наиболее высокие ее урожаи получены на известкованной почве. В первый год возделывания по черному пару урожаи пшеницы по фону навоз + NPK достигали 60,5 ц/га. Следует отметить, что эффективность известкова-

Т а б л и ц а 6

Действие 65-летнего применения удобрений и известкования на урожайность озимой пшеницы и содержание сырого белка в зерне

Варианты	Без извести				По извести			
	1974	1975	1976	в среднем	1974	1975	1976	в среднем
Урожайность, ц/га								
0	1,9	12,7	25,0	13,2	50,8	25,9	39,4	38,7
$P_{150}K_{120}$	28,6	26,7	28,4	27,9	54,4	27,2	45,1	42,3
$N_{100}P_{150}K_{120}$	35,5	27,0	21,5	28,0	49,7	39,4	22,6	37,2
Навоз	31,9	31,3	24,3	29,2	40,8	41,4	32,8	33,3
Навоз, 20 т + $N_{100}P_{150}K_{120}$	44,4	26,4	19,1	30,0	60,5	39,4	25,9	41,9
Содержание белка, %								
0	10,4	12,8	9,9	11,0	10,1	12,5	10,7	11,1
$N_{100}P_{150}K_{120}$	11,1	12,2	11,9	11,7	12,0	12,5	14,1	12,9
Навоз	10,6	11,2	10,5	10,8	11,6	10,0	10,9	10,8
Навоз, 20 т + $N_{100}P_{150}K_{120}$	12,3	10,6	14,6	12,5	12,4	11,8	14,7	13,0

ния в опыте была исключительно высокой. В среднем за 3 года от извести по фону NPK, навоза и навоза + NPK получены прибавки урожая зерна порядка 10,4 ц/га, по фону фосфорно-калийных удобрений — 14,4 и на неудобренной почве — 25,5 ц/га. Урожай зерна по годам колебался довольно сильно и определенной тенденции не отмечалось, однако по основным, практически значимым вариантам (NPK, навоз и навоз + NPK) наблюдалось снижение урожайности от первого к третьему году возделывания пшеницы.

Значительно меньше, чем урожайность, по годам и вариантам изменялось содержание белка в зерне озимой пшеницы — в течение трех лет оно удерживалось в пределах 10—12,5% и редко превышало 13—14%.

Повышенная (более 14%) белковость зерна пшеницы в вариантах с полным удобрением (NPK и навоз + NPK) в 1976 г. связана с щуплостью зерна. Высокие дозы азота в данных вариантах во влажном году способствовали раннему полеганию пшеницы и вследствие этого образованию щуплых зерен, которые всегда отличаются высоким содержанием белка. Низкая белковость зерна интенсивного сорта пшеницы Мироновская 808 (10—13%) отмечается во всех зонах СССР [6]. Многие исследователи связывают снижение белка в зерне пшеницы в нашей стране прежде всего с размещением озимой пшеницы по непаровым предшественникам [9, 10].

В длительном опыте ТСХА размещение озимой пшеницы по черному пару с достаточно высоким содержанием элементов питания в почве вариантов NPK, навоз, навоз + NPK, а также применение высоких доз азота не обеспечили получения зерна с высокой белковостью. В последующие два года (1975—1976) при посеве пшеницы по пшенице белковость зерна была примерно на том же уровне, что и в 1974 г.

Таким образом, систематическое унавоживание и периодическое известкование не оказывали существенного влияния на белковость зерна, а применение $N_{100}P_{150}K_{120}$ и навоза + $N_{100}P_{150}K_{120}$ способствовало ее увеличению в среднем соответственно на 1,20 и на 1,65% по сравнению (по разнице) с контролем.

Другим основным показателем технологических достоинств зерна пшеницы наряду с белковостью является высокое содержание клейковины хорошего качества. Анализ зерна всех вариантов опыта (0, N, P, K, NP, NK, NPK, навоз + NPK) в 1976 г. показал, что азотные удобрения значительно повышали его технологические и хлебопекарные достоинства только на фоне длительного применения фосфорно-калийных, а применение полного минерального удобрения $N_{100}P_{150}K_{120}$ или навоза + $N_{100}P_{150}K_{120}$ увеличивало количество клейковины с 21—23 до 28—32 (табл. 7). Характерно, что при внесении минерального удобрения ее содержание в зерне стабилизировалось по годам и было на уровне 28—32%, тогда как на неудобренной почве по фону PK и навоза оно варьировало от 17,5 до 26,5% в разные годы.

При внесении извести содержание клейковины увеличивалось на 2—4%. Во влажные годы оно снижалось в вариантах с удобрением PK. Качество клейковины мало различалось по годам и вариантам и практически не выходило за пределы 1-й группы (50—85 ед. ИДК). Стекловидность зерна в решающей степени зависела от применения азотных удобрений и мало изменялась по годам. Она в большей мере, чем общее содержание белка, была сопряжена с содержанием клейковины.

Натура зерна пшеницы мало изменялась под действием удобрений, а масса 1000 зерен несколько уменьшалась при внесении азота. Щуплость зерна пшеницы в вариантах с применением NPK и навоза + NPK в 1976 г. явилась причиной низкой натуры (меньше 700 г/л) и очень небольшой массы 1000 зерен (меньше 26 г). Зольность зерна имеет практическое значение как косвенный показатель содержания

Действие 65-летнего применения удобрений и известкования
на физико-химические свойства зерна бесменной пшеницы
(в среднем за 1974—1976 гг.)

Варианты	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Зольность, %	Кислотность, град.	Стекловидность, %	Сырая клейковина, %	Количество сырой клейковины, ед. ИДК	«Число падений» по Хагбергу-Пертону*, с
Без известки								
0	34,2	775	1,73	2,7	64	21,3	74	221
P ₁₅₀ K ₁₂₀	35,7	777	1,81	3,1	63	20,8	68	228
N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	33,4	763	1,78	3,1	71	28,1	71	196
Навоз, 20 т	35,7	774	1,87	3,0	54	22,3	75	243
Навоз, 20 т + N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	35,0	760	2,01	3,0	79	28,4	76	89
В среднем	34,8	770	1,84	2,98	66	24,2	73	195
По известки								
0	36,0	771	1,84	2,6	73	23,7	76	250
P ₁₅₀ K ₁₂₀	38,3	792	1,79	3,0	61	21,1	68	154
N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	35,0	761	1,90	2,8	80	31,6	74	123
Навоз, 20 т	38,2	788	1,78	2,9	60	27,3	74	198
Навоз, 20 т + N ₁₀₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀	35,1	760	2,01	3,1	81	32,1	74	136
В среднем	36,5	774	1,88	2,88	71	27,2	73	172

* Данные за 1976 г.

в муке клетчатки и гемицеллюлоз — не усваиваемых организмом человека частей муки. Поскольку в состав золы зерна входит 60% фосфорного ангидрида и 30% окиси калия, применение фосфорно-калийных удобрений и навоза, а следовательно, большее поступление фосфора и калия в зерно, увеличивало зольность зерна. Полегание пшеницы во

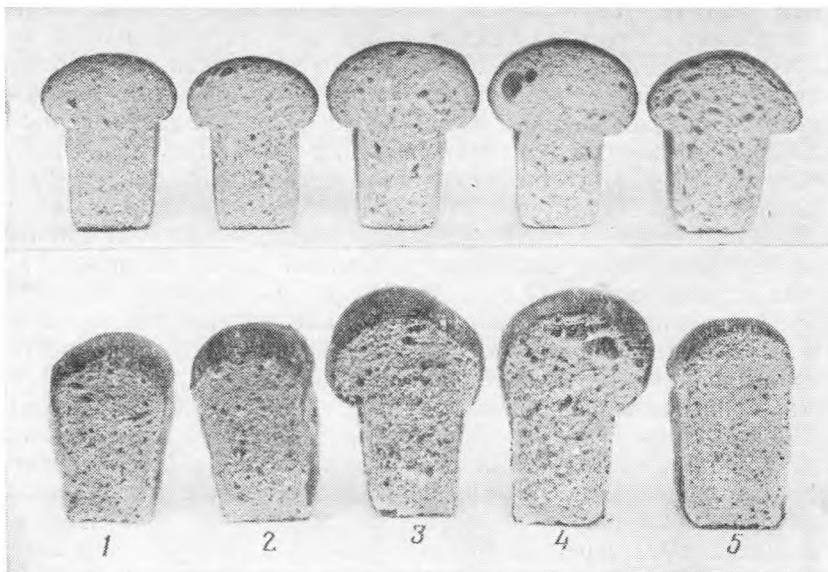


Рис. 4. Хлеб из зерна озимой пшеницы с 65-летнего опыта ТСХА по известки урожая 1975 г. (вверху) и 1976 г. (внизу).

1 — без удобрений; 2 — РК; 3 — навоз+НРК; 4 — НРК; 5 — навоз.

влажных условиях повышало активность амилолитических и протеолитических ферментов, вследствие этого зольность и особенно кислотность зерна возрастала.

Высокая автолитическая активность зерна пшеницы в вариантах $N_{100}P_{150}K_{120}$ и навоз + $N_{100}P_{150}K_{120}$ в 1976 г. мало повлияла на технологические достоинства зерна. Сила муки и ее валориметрическая оценка значительно больше изменялись под действием удобрений и извести, чем от погодных условий. Удобрения и известь повышали водопоглотительную способность муки (ВПС) и снижали показатель разжижения теста. Наиболее благоприятное влияние на физические свойства пшеничного теста оказало полное минеральное удобрение, а также применение навоза совместно с NPK (табл. 8). Об этом свидетельствуют и

Т а б л и ц а 8

Действие 65-летнего применения удобрений и известкования на технологические и хлебопекарные свойства зерна озимой пшеницы (в среднем за 1974—1976 гг.)

Варианты	Водопоглотительная способность муки, %	Разжижение теста, ед. фар-фа	Валориметрическая оценка, ед. фар-фа	Упругость теста, мм	Отношение P/L	«Сила» муки $\cdot 10^{-4}$	Объемный выход хлеба, мл	Пористость, %	Отношение H/D
Без извести									
0	59,3	142	39	58	0,8	164	647	88,8	0,7
$P_{150}K_{120}$	58,5	162	33	68	1,1	178	723	89,5	0,6
$N_{100}P_{150}K_{120}$	59,1	127	42	73	1,1	206	730	89,8	0,7
Навоз, 20 т	59,3	162	34	63	0,9	183	708	89,1	0,7
Навоз, 20 т + $N_{100}P_{150}K_{120}$	60,2	123	44	76	1,2	214	745	89,2	0,6
В среднем	59,3	143	38	68	1,0	189	711	89,3	0,66
По извести									
0	59,3	133	42	66	0,9	176	607	88,4	0,6
$P_{150}K_{120}$	58,8	170	33	68	1,2	183	635	88,5	0,5
$N_{100}P_{150}K_{120}$	59,3	115	42	72	1,0	211	790	89,6	0,7
Навоз, 20 т	59,5	152	37	70	1,1	184	648	87,5	0,6
Навоз, 20 т + $N_{100}P_{150}K_{120}$	60,9	125	44	75	1,0	217	732	88,5	0,6
В среднем	59,6	139	40	70	1,0	194	682	88,5	0,6

результаты пробных выпечек из муки пшеницы Мироновской 808 по основным вариантам опыта (рис. 4—5).

По ГОСТУ 9354—67 в зерне сильной пшеницы должно содержать не менее 14% белка, стекловидность должна составлять не менее 28%, показатель разжижения — не более 80 ед. фаринографа, валориметрическая оценка — не менее 60 ед. фаринографа, «сила» муки — не менее 280 ед. и объемный выход хлеба при стандартной выпечке — не менее 550 мл. Следует отметить, что мы применяли ускоренный метод выпечки с добавлением в тесто бромата калия и сахара, поэтому объемный выход хлеба в нашем опыте был несколько завышен.

На основании трехлетних данных можно сделать следующее общее заключение. Если стекловидность зерна, количество сырой клейковины, а также качество хлеба в условиях интенсивного применения удобрений в годы, благоприятные для налива зерна (1975), соответствуют требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам, то белковость зерна пшеницы Мироновской 808 и физические свойства теста редко превышают нормы, установленные для средних пшениц. Следовательно, возделывание озимой пшеницы Мироновской 808 в течение трех лет повторно при повышенных дозах минеральных удобрений обеспечивает получение зерна, отвечающего требованиям хорошей средней пшеницы (филлера).

Выводы

1. Периодическое совершенствование агротехники и повышение доз полного минерального удобрения с 45 до 225—370 кг д. в. на 1 га обеспечивают прогрессивный рост урожайности озимой ржи как в севообороте при возделывании по паровым предшественникам, так и при 65-летней бессменной культуре. При интенсификации прибавки урожая озимой ржи от севооборота снижались с 10,1 до 6,9 ц/га; без применения удобрений удерживались на высоком уровне в течение 65 лет и со временем заметно возрастали — с 6,0 до 12,4 ц/га.

2. При ежегодном внесении $N_{100}P_{150}K_{120}$ большое значение для формирования урожая и качества зерна ржи Гибридной 2 и озимой пшеницы Мироновской 808 имели погодные условия. Коэффициенты множественной корреляции (R) урожайности ржи, с одной стороны, и осадков и температуры воздуха в мае — июле, с другой стороны, в условиях бессменной культуры равнялись 0,58—0,68, а в севообороте — 0,81—0,87. Варьирование состояния углеводно-амилазного комплекса зерна ржи по годам на неудобренной почве на 60%, а на интенсивно удобряемых землях — на 35% определяется погодными условиями.

3. Применение севооборота повышало белковость зерна озимой ржи на 2,4—3,0%.

Белковость зерна озимой пшеницы Мироновской 808 при интенсивном удобрении и посеве по черному пару и повторно находилась на уровне 11—13%. Внесение NPK отдельно повышало содержание белка в среднем на 1,20%, а совместно с навозом — на 1,65%. Интенсивное удобрение и известкование повышали содержание клейковины с 21—23 до 28—32%.

4. Повышенные дозы минеральных удобрений, систематическое унавоживание и периодическое известкование позволяют в Московской области получать зерно, отвечающее требованиям хорошей средней пшеницы (филлера). В благоприятные для налива зерна годы ряд показателей качества соответствует нормам для сильных пшениц, однако белковость зерна и физические свойства теста редко превышают нормы, установленные для пшениц средней силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные рекомендации по специализации севооборотов в интенсивном земледелии. М., «Колос», 1977. — 2. Доспехов Б. А., Братерская А. Н., Кирюшин Б. Д. Действие 60-летних бессменных культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 2, с. 49—53. — 3. Доспехов Б. А., Кирюшин Б. Д., Братерская А. Н. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы по профилю под влиянием 62-летнего применения удобрений и периодического известкования. «Изв. ТСХА», 1975, вып. 6, с. 30—40. — 4. Караджова Л. В. Фитосанитарные аспекты возделывания зерновых культур в интенсивном севообороте (обзор). «Сельск. хоз-во за рубежом», 1976, № 9, с. 25—28. — 5. Коданев И. М. Повышение качества зерна. М., «Колос», 1976. — 6. Крищенко В. П., Гаврилов И. С. Влияние минерального питания на качество зерна озимой пшеницы Мироновская 808 и зависи-

мость между урожаем и содержанием в нем белка и клейковины. «Агрохимия», 1971, № 11, с. 80—84. — 7. Лошаков В. Г., Скоблина В. И. Особенности специализации земледелия на производстве зерна в ГДР и ФРГ (обзор). «Сельск. хоз-во за рубежом», 1977, № 3, с. 2—4; № 4, с. 2—6. — 8. Панкратьева И. А. Технологические качества зерна ржи при длительном применении удобрений в севообороте и монокультуре. «Изв. ТСХА», 1966, вып. 3, с. 85—92. — 9. Самсонов М. М. Сильные и твердые пшеницы СССР. М., «Колос», 1967. — 10. Созинов А. А. Урожай и качество зерна. М., «Знание», 1976. — 11. Шибаев П. Н. Выше качество ржи. «Сельск. хоз-во России», 1972, № 11, с. 9—11. — 12. Ebert D., Watersich R., Kratzsch G. «A.-T.-Arch.», 1970, Bd 14, H. 4, S. 291—304. — 13. Johnston A. E., Mattingly G. E. G. Annales Agro (A6*) Hors-serie, 1976, p. 117—144.