

З.М.Шугля, доктор сельскохозяйственных наук; А.Р.Рыбак, научный сотрудник
Гродненский зональный НИИ сельского хозяйства

УДК 633.14:631.816

Урожайность озимой ржи при различных системах удобрения

В длительном стационарном опыте Гродненского зонального НИИ сельского хозяйства, заложенного в 1961 г. в экспериментальной базе "Щучин" на дерново-подзолистой супесчаной почве изучалось действие различных систем удобрения на урожай культур (овес, озимая рожь, картофель, ячмень).

В статье представлены экспериментальные данные о влиянии удобрений на урожай озимой ржи и вынос элементов питания в среднем за два года восьмой ротации севооборота.

В условиях Гродненской области среди сельскохозяйственных культур озимая рожь пользуется особым признанием, в структуре зерновых культур ей отводится более 37% пашни. Однако высокие урожаи на дерново-подзолистых почвах тесно связаны с рациональным применением удобрений и соблюдением всех элементов агротехники. Поэтому большое значе-

The influence of the different systems of fertilizers to crops capacity (oats, winter rye, potatoes, barley) using sod – podzolic sandy loam soil was being studied during long term stable experience realised by Grodno zonal scientific research institute of agriculture on territory of the experimental farm "Shchuchin" since 1961.

The experimental data concerning influence of fertilizers to winter rye capacity and taking out the elements feeding an average for two years of the eight crop rotation were presented in the article.

ние в наших условиях придается определению оптимальных доз внесения органических и минеральных удобрений, что способствует сбалансированности макро- и микроэлементов в почве.

Исследования проводили в стационарном полевом опыте на экспериментальной базе "Щучин" Гродненского зонального научно-исследовательского инсти-

Таблица 1. Влияние удобрений на урожай озимой ржи, ц/га (VIII ротации)

Вариант	Внесено удобрений		Зерно				Солома, в среднем за 2 года
	за ротацию	под рожь	1990 г.	1993 г.	среднее	прибавка к вар. 9	
1.	Контроль 1 (без удобрений)	Без удобрений	25,7	19,3	22,5	—	28,9
2.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	43,0	30,4	36,7	13,0	52,5
3.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	45,6	30,8	38,2	14,5	55,3
4.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 20 т	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	47,7	35,1	41,4	17,7	61,9
5.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 40 т	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	49,5	36,9	43,2	19,5	64,9
6.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 80 т	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +навоз 20 т	49,7	43,8	46,8	23,1	76,8
7.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 120 т	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +навоз 40 т	54,0	48,2	51,1	27,4	78,3
8.	N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 40 т	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	46,5	36,7	41,6	17,9	63,0
9.	Контроль 2 (без удобрений)	Без удобрений	26,2	21,1	23,7	—	32,3
10.	N ₄₅₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 40 т	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	50,7	43,4	47,1	23,4	74,3
11.	N ₆₀₀ P ₄₈₀ K ₈₀₀ +навоз 40 т	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	52,5	58,6	55,6	31,9	78,7
12.	N ₆₀₀ P ₄₈₀ K ₈₀₀ +навоз 40 т	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	53,2	59,2	56,2	32,5	83,6
13.	N ₆₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ +навоз 40 т	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	50,5	60,1	55,3	31,6	77,2
14.	N ₆₀₀ P ₄₈₀ K ₈₀₀ +навоз 40 т	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	53,1	58,2	55,7	32,0	79,8
15.	N ₄₅₀ P ₃₆₀ K ₆₀₀ +навоз 80 т	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₃₅	48,2	49,4	48,8	25,1	69,2
	P, %		3,48	1,97			
	2Sd, ц/га		2,26	2,35			

туда сельского хозяйства. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная на связных пылеватопесчаных супесях, подстилаемых с глубины 1 м моренным суглинком. В натуре опыт представлен двумя полями: первое открыто в 1961 г., второе – в 1964 г. Площадь учетной делянки – 50 кв.м, повторность – 4-кратная.

В статье приводятся двухлетние данные об урожае озимой ржи (табл.1) и выносе элементов питания урожаем из почвы и удобрений за восьмую ротацию севооборота (поле 1 и 2).

Агрохимические показатели пахотного слоя перед закладкой опыта в среднем по двум полям были следующие: рН (KCl) – 4,52; гидролитическая кислотность (по Каппену) – 2,18 и сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) – 2,53 мэкв. на 100 г; содержание P₂O₅ – 4,37 и K₂O (по Кирсанову) – 6,8 мг на 100 г почвы; гумуса (по Тюрину) – 1,01%.

В восьмой ротации севооборота чередование культур было такое: овес – озимая рожь – картофель – ячмень.

В качестве органического удобрения применяли солоmistый навоз крупного рогатого скота (N – 0,62%, P₂O₅ – 0,35, K₂O – 0,72%), который вносили под вспашку, а минеральные удобрения (двойной суперфосфат и хлористый калий) – под предпосевную культивацию.

Под озимую рожь (вариант 2) азот применяли в два приема: N₃₀ осенью под предпосевную культивацию и N₉₀ весной в начале вегетации растений. В вариантах 12 и 13 его вносили в три приема: N₃₀ осенью под культивацию, N₆₀ – весной в начале вегетации растений и N₃₀ в фазу выхода их в трубку. В варианте 14 азот применяли в четыре приема: N₃₀ осенью под культивацию, N₃₀ весной в начале вегетации растений,

N₃₀ при выходе их в трубку и N₃₀ в фазу колошения. На остальных делянках N₃₀ вносили осенью под культивацию и остальную дозу, согласно схеме опыта, весной в подкормку. Один раз в ротацию (под ячмень), кроме вар.1, 2 и 8, поле известковали доломитовой мукой из расчета 0,5 г.к. (1,6 т/га CaCO₃).

Озимую рожь сорта Пуховчанка высевали 9 и 10 сентября. Норма высева – 5 млн. всхожих зерен на гектар. Семена протравливали байтаном (2 кг/га). Агротехника и уход за посевами общепринятые для условий области.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались. За вегетационный весенне-летний период озимой ржи (апрель-июль) в 1990 г. выпало 247,8 мм осадков, в 1993 г. – 330,1 при средней многолетней норме 248 мм. Выпадение осадков в июле 1993 г. на 128,3 мм выше средней многолетней нормы положительно сказалось на формировании урожая зерна, на отдельных делянках получен урожай зерна порядка 58,6-60,1 ц/га.

Результаты исследований показывают, что на бедной супесчаной почве без внесения удобрений в течение 30 лет озимая рожь в среднем за два года восьмой ротации обеспечила урожай зерна 22,5 ц/га. Это объясняется, по-видимому, тем, что озимые, в отличие от яровых культур, способны использовать питательные вещества из более глубоких слоев почвы.

По варианту (без внесения удобрений) агрохимические показатели пахотного слоя почвы в начале восьмой ротации были следующие: содержание гумуса – 0,95%, рН в KCl – 4,21, P₂O₅ – 9,35 и K₂O – 5,25 мг на 100 г почвы.

В среднем за два года высокая эффективность минеральных удобрений под рожь отмечена при внесении N₃₀ осенью под предпосевную культивацию, N₆₀

весной в начале вегетации растений и N_{30} в фазу полного выхода растений в трубку на фоне $P_{60}K_{90}$ (вар.13).

В 1990 г. при такой системе удобрений урожай зерна составил 50,5 ц/га, а в 1993 – 60,1 ц/га. Прибавка зерна в среднем за два года к варианту 9 (где удобрения не вносили с 1985 г. (поле 1) и 1986 г. (поле 2) равна 31,6 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK зерном – 11,7 кг (вар.13).

Такая система удобрения положительно сказалась на агрохимических показателях пахотного слоя почвы. В начале восьмой ротации севооборота пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,34%, рН в KCl – 6,3, P_2O_5 – 39,9 мг и K_2O – 12,8 мг на 100 г почвы.

С увеличением дозы фосфора и калия в два раза при этом же уровне применения азота и тех же сроках его внесения окупаемость 1 кг NPK зерном составила 7,7 кг, т.е. на 4 кг ниже по сравнению с вышеуказанными дозами фосфора и калия. Внесение N_{120} в четыре приема на фоне $P_{120}K_{180}$ также не способствовало росту урожая, окупаемость 1 кг NPK зерном осталась на прежнем уровне (7,6 кг, вар.14).

Применение в севообороте одних минеральных удобрений без известкования, в том числе под рожь $N_{60}P_{60}K_{90}$, в среднем за два года увеличило урожайность зерна этой культуры на 14,2 ц/га по сравнению с контролем N_1 (где удобрения не вносили с 1961 г. и 1964 г.) и на 13,0 ц/га – с контролем N_2 (варианты 1, 2 и 9).

При известковании почвы эффективность минеральных удобрений во многом зависела от условий года. В 1990 г. при более равномерном выпадении осадков в течение вегетационного периода озимой ржи на известкованном фоне прибавка составила 2,6 ц/га, а в 1993 г. как на известкованном, так и неизвесткованном фонах собрали одинаковый урожай зерна (в вариантах 2 и 3). Однако в среднем за два года получена прибавка зерна 1,5 ц/га.

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы к началу восьмой ротации при внесении одних минеральных удобрений на фоне известки были следующие: рН в KCl – 6,29, P_2O_5 – 25,3 мг и K_2O – 10,15 мг на 100 г почвы, содержание гумуса – 1,08%.

В среднем за два года близкие урожай зерна (43,2 и 41,6 ц/га) получены при системе удобрения, когда на один гектар пашни вносили 10 т навоза + $N_{75}P_{60}K_{100}$ на фоне известки и без нее, в том числе под рожь $N_{60}P_{60}K_{90}$ (вар.5 и 8).

Применение под рожь навоза в сочетании с минеральными удобрениями на фоне известкования создает хорошие условия питания растений, что способствует формированию высокого урожая. При внесении 20 т/га навоза на фоне минеральных удобрений в среднем за два года окупаемость 1 т навоза зерном равна 43 кг, а при 40 т/га – 32,2 кг (вар.3, 6 и 7). Эти данные свидетельствуют о том, что высокие дозы навоза под рожь вносить не рекомендуется.

При внесении навоза из расчета 20-30 т/га пашни, в том числе под рожь 20-40 т/га в сочетании с минеральными удобрениями на фоне известки к началу восьмой ротации в почве содержалось соответственно 1,71-1,93% гумуса, подвижного фосфора 38,37-39,12 мг и обменного калия 21,42-22,0 мг на 100 г почвы.

На основании данных химического состава растений и их урожая был рассчитан хозяйственный вынос азота (в кг/га), а также его вынос на 10 ц основной продукции с учетом дополнительной (табл.2).

Размер общего выноса питательных элементов колеблется по вариантам опыта и определяется величиной урожая. С ростом урожайности возрастает и общий вынос азота, фосфора и калия, отсюда и колебания общего азота в зависимости от урожая по удобрённым вариантам достигают значительного размера – от 70 до 138 кг/га, фосфора – от 58 до 91 и калия – 81 до 155 кг/га.

На получение 10 ц зерна озимой ржи по минеральной системе удобрений на фоне известки и без известки израсходовано одинаковое количество азота, но несколько больше фосфора и калия.

Сочетание навоза и минеральных удобрений на фоне известки способствовало более высокому выносу азота на единицу продукции, причем с увеличением доз навоза или минеральных удобрений, содержащих азот, повышался и вынос азота.

Внесение удвоенных доз фосфора и калия не способствовало повышению выноса азота на единицу продукции.

Следует отметить, что, несмотря на различное содержание фосфора при одинаковой дозе азота, вынос его озимой рожью был примерно одинаков (вар. 13 и 14). Что касается калия, то выявлена такая закономерность: с применением более высоких доз калийных удобрений повышается и вынос калия на единицу продукции.

На 10 ц основной продукции (при урожайности 55,3 ц/га зерна) с учетом дополнительной вынос азота составил 25, фосфора – 14, калия – 26, кальция – 4 и магния – 2,5 кг.

Расчет энергетической эффективности (энергоотдачи) применения минеральных и органических удобрений под рожь (табл.3) показал, что в среднем за два года максимальная энергоотдача (3,07) при минимальных удельных энергозатратах (546 МДЖ/ц) в условиях опыта отмечена при внесении $N_{60}P_{60}K_{90}$ на фоне известкования. При этих же дозах удобрений в сочетании с 20-40 т/га навоза увеличились удельные энергозатраты соответственно до 770-915 МДЖ/ц, а коэффициент энергоотдачи при этом уменьшился с 3,07 до 2,17-1,83.

Оптимальным вариантом оказалось внесение под рожь повышенных доз азота в три приема. Так, при внесении $N_{120}P_{60}K_{90}$ в среднем за два года получен урожай зерна 55,3 ц/га. Удельные энергозатраты при этом составили 566 МДЖ/ц, коэффициент энергоотдачи – 2,96 (вар.13).

Выводы

1. В условиях многолетнего опыта на супесчаных почвах в 4-польном севообороте (овес, озимая рожь, картофель, ячмень), где на 1 га севооборотной площади приходилось 10 т навоза + $N_{150}P_{60}K_{100}$ лучшими дозами удобрения под рожь в среднем за два года восьмой ротации можно считать $N_{120}P_{60}K_{90}$, обеспечивающие урожай зерна 55,3 ц/га. Удельные энергозатраты при этом составили 566 МДЖ/ц, коэффициент отдачи – 2,96.

Под влиянием такой системы удобрения повысилась плодородие почвы. В начале восьмой ротации севооборота пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,34%, pH в KCl – 6,3, P_2O_5 – 39,9 мг и K_2O – 12,8 мг на 100 г почвы.

2. При внесении на 1 га пашни 10 т/га навоза +

$N_{75}P_{60}K_{100}$ на фоне извести, в том числе под рожь $N_{60}P_{60}K_{90}$, получен урожай зерна 43,2 ц/га при удельных энергозатратах 546 МДЖ/ц.

3. При внесении под рожь 20 т/га навоза в сочетании с минеральными удобрениями ($N_{60}P_{60}K_{90}$) на фоне извести в среднем за два года окупаемость 1 т навоза зерном равна 43 кг, а при 40 т/га – 32,2 кг.

4. Увеличение доз фосфорных и калийных удобрений в два раза как за ротацию севооборота, так и под рожь экономически себя не оправдывает, повышаются удельные энергозатраты и снижается коэффициент отдачи.

5. Вынос азота на 10 ц основной продукции при урожайности зерна 55,3 ц/га с учетом дополнительной составил 25 кг, фосфора – 14, калия – 26, кальция – 4 и магния – 3 кг.

Таблица 2. Вынос элементов питания урожаем озимой ржи (средние данные за два года)

Номер варианта опыта по табл. 1	Вынос урожая, кг/га					Вынос на 10 ц зерна, кг				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1	41	28	40	7	5	18	12	18	3,1	2,2
2	70	58	81	9	6	19	16	22	2,5	1,6
3	72	64	87	14	9	19	17	23	3,7	2,4
4	78	68	94	16	12	19	16	23	3,9	2,9
5	88	66	106	20	11	20	15	25	4,6	2,5
6	101	79	127	23	14	22	17	27	4,9	3,0
7	115	87	138	25	15	22	17	27	4,9	2,9
8	92	64	97	19	11	22	15	23	4,6	2,6
9	42	36	49	9	7	18	15	20,6	3,8	2,9
10	97	78	117	22	12	21	17	25	4,6	2,5
11	135	85	146	23	15	24	15	26	4,1	2,7
12	138	91	155	26	16	25	16	28	4,6	2,8
13	139	80	142	24	16	25	14	26	4,3	2,9
14	132	79	151	23	14	24	14	27	4,1	2,5
15	97	76	129	23	15	20	16	26	4,7	3,0

Таблица 3. Энергетическая эффективность применяемых минеральных и органических удобрений под рожь (1990, 1993 г.)

Номер варианта	Прибавка, ц/га	Содержание общей энергии в прибавке продукции, МДЖ	Энергозатраты				Суммарные энергозатраты, МДЖ/га	Удельные энергозатраты, МДЖ/ц	Коэффициент отдачи
			на производство минеральных удобрений, МДЖ	на внесение минеральных удобрений, МДЖ/га	на производство и внесение органических удобрений, МДЖ	на уборку и доработку дополнительного урожая, МДЖ/ц			
1	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	13,0	21788	6798	359	—	2327	9484	730	2,29
3	14,5	24302	6798	359	—	2596	9753	673	2,49
4	17,7	29665	6798	359	—	3168	10320	583	2,87
5	19,5	32682	6798	359	—	3490	10642	546	3,07
6	23,1	38715	6798	359	6500	4135	17787	770	2,17
7	27,4	45922	6798	359	13000	4905	25062	915	1,83
8	17,9	30000	6798	359	—	3204	10361	579	2,89
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	23,4	39280	9270	494	—	4187	13951	596	2,81
11	31,9	53464	13596	652	—	5710	19958	626	2,67
12	32,5	54470	13596	719	—	5817	20132	619	2,71
13	31,6	52961	11742	494	—	5656	17892	566	2,96
14	32,0	53632	13596	719	—	5728	20043	626	2,67
15	25,1	42067	10197	493	—	4492	15182	605	2,77