

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Известия ТСХА, выпуск 1, 2001 год

УДК 631.559:031.452:633.49

УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ В БЕССМЕННЫХ ПОСЕВАХ И СЕВОБОРОТЕ

А. Ф. САФОНОВ, А. А. АЛФЕРОВ, М. А. ЗОЛОТАРЕВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В длительном полевом опыте ТСХА показано, что раздельное применение N, P, K малоэффективно. Совместное применение калия с азотом и фосфором увеличивало урожайность картофеля в 1,5-2,0 раза. Прибавка урожая от сочетания элементов питания снижалась в последовательности NPK > PK > NK. Эффективность возделывания картофеля в севообороте низкая. В течение менее 60% лет урожайность картофеля в севообороте превышала такую в бессменных посевах. При возделывании картофеля бессменно и в севообороте значительно снижается содержание в почве органического вещества. Фосфорно-калийные удобрения несколько уменьшали темпы минерализации гумуса и способствовали накоплению подвижных форм фосфора и обменного калия в почве.

В России основное производство картофеля сосредоточено в Нечерноземной зоне, где располагаются дерново-подзолистые почвы с неблагоприятными для растений свойствами. Урожайность картофеля здесь в среднем не превышает 117—120 ц/га [4,6]. Основные причины этого —

низкий уровень почвенного плодородия и недооценка роли данного фактора в формировании урожая.

В Нечерноземной зоне управление плодородием почвы остается в земледелии ключевой проблемой. Под влиянием факторов интенсификации земледелия изменяется

вся совокупность агрономических свойств почвы. Естественно, перед производством возникают вопросы об эффективном использовании факторов воспроизводства плодородия почвы. Поэтому важно знать нормативы изменения почвенного плодородия и урожайности картофеля от периодического известкования, систематического применения удобрений в севообороте и бессменных посевах. В ранее опубликованных работах по результатам длительного опыта [1 — 2] отмечена эффективность применения органических и минеральных удобрений, известки и севооборота за предыдущие периоды.

Методика

Исследования проводили в длительном полевом опыте ТСХА. Схема опыта и ее изменения, почвенные условия изложены в [5]. Технология возделывания картофеля в опыте соответствует общепринятой для Центрального района Нечерноземной зоны РФ. В последний период опыта возделывались следующие сорта картофеля: Лорх (1972—1983 гг.), Бирюса (1984-1988 гг.) и Невский (1989 г. — по настоящее время). Урожай учитывали поделяночно, вручную. Гидротермический коэффициент рассчитывали для периода май — август по

данным наблюдений метеорологической обсерватории имени В. А. Михельсона. Для проведения агрохимических исследований почвенные образцы отбирали со всех вариантов опыта, в севообороте — с нечетных полей. Лабораторные анализы осуществляли по следующим методикам: общий углерод — по И. В. Тюрину (в модификации ЦИНАО) с фотоколориметрическим окончанием (ГОСТ 26213-84); подвижные формы фосфора и калия — по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84); реакцию почвы — потенциметрическим методом в модификации ЦИНАО (ОСТ 4649—76); окупаемость удобрений рассчитывали как отношение прибавки урожая картофеля (в кг) к сумме вносимых элементов питания (в кг д. в.).

Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Результаты

Урожай растений формируется за счет очень большого количества управляемых, хорошо контролируемых и совсем не контролируемых или не поддающихся регулированию факторов. В его формировании принимают непосредственное участие космические и земные факторы жизни растений — свет,

осадки, тепло, воздух; питательные вещества почвы; факторы интенсификации земледелия (химические мелиоранты, удобрения, средства защиты растений, сорта и гибриды, сельхозмашины), регулирующие продукционный процесс в агрофитоценозе и воспроизводство плодородия почвы.

Оптимизация факторов жизни растений во времени и установление взаимосвязи между ними и величиной урожая возможны при проведении длительных экспериментов, охватывающих различные погодные условия.

Динамика урожайности картофеля в бессменных посевах 84-летнего опыта представлена в табл. 1 без применения удобрений и известки в первую ротацию (ротация в бессменных посевах условна и введена для удобства сравнения с 6-польным севооборотом): средняя урожайность составила 118,4 ц/га при максимальной — 185,5 ц/га в 1912 г. и минимальной — 58,4 ц/га в 1917 г. На урожайность картофеля в первую ротацию в бессменных посевах оказывало положительное влияние последствие многолетних трав и достаточное увлажнение в вегетационные периоды.

В последующие 6 лет (1918—1923 гг.) урожайность картофеля уменьшилась бо-

лее чем в 2 раза по сравнению с уровнем в первую ротацию: наибольшая — 67,7 ц/га в 1918 г., наименьшая — 38,2 ц/га в 1923 г. Это обусловлено снижением эффективного плодородия почвы и неблагоприятными погодными условиями. С 1924 по 1929 г. урожайность картофеля в среднем была 75,1 ц/га с колебанием от 45,6 ц/га в 1929 г. до 92,5 ц/га в 1925 г. В этот период складывались благоприятные агрометеорологические условия, за исключением 1929 г.

В 4-ю ротацию урожайность картофеля составила 52,6 ц/га. Одной из причин такой низкой урожайности были неблагоприятные погодные условия: в отдельные годы за вегетацию выпало осадков выше среднегодовой нормы — 398 мм за 4 месяца. Однако в 1939 г. за вегетационный период выпало только 175 мм осадков и ГТК был 0,69.

В среднем за первый период проведения эксперимента урожайность картофеля составила 77,8 ц/га.

Второй период опыта включает 5-ю 6-ю ротации, по урожайности они существенно различались между собой. Так, в 5-ю ротацию урожайность картофеля значительно колебалась по годам (максимальная — в 1940 г. и минимальная — в 1944 г.)

10	Навоз	20 т/га	83,7	104,1	85,3	107,2	101,6	171,6	166,8	204,1	146,9	219,5
11	100	N	69,4	71,3	72,9	76,9	102,8	119,8	102,1	151,5	94,2	165,7
12	150	P ₂ O ₅	85,3	115,2	99,8	95,6	136,7	154,0	148,8	219,2	132,5	235,0
13	120	K ₂ O	100,7	103,5	118,5	111,5	145,2	167,0	157,7	183,5	119,6	201,8
В среднем за 1973-1996 гг.			84,8	98,5	94,1	95,3	121,5	153,1	143,8	189,6	123,3	205,5
НСР ₀₅			18,7									

По известии

6	Навоз	20 т/га	89,9	74,7	74,7	91,6	83,2	153,1	172,0	222,2	226,0	240,4	
$\left\{ \begin{array}{l} 75 - N \\ 60 - P_2O_5 \\ 90 - K_2O \end{array} \right.$													

В среднем за 1949-1954 гг.

НСР ₀₅			58,4									
7	Навоз	10 т/га	86,9	96,1	117,3	102,1	125,2	167,6	185,2	224,1	205,1	257,0
8	50	N	60,1	54,9	72,2	70,1	91,5	96,9	126,3	146,4	146,1	183,8
9	75	P ₂ O ₅	53,6	53,0	52,6	59,8	62,5	84,1	90,7	101,2	95,6	125,2
60 - K ₂ O												
В среднем за 1955-1972 гг.			66,8	68,0	80,7	77,3	89,7	116,2	134,1	157,2	148,9	188,6
НСР ₀₅			26,8									

10	Навоз	20 т/га	76,5	92,3	74,6	90,0	95,5	157,9	146,5	189,3	149,6	221,3
11	100	N	54,3	54,0	50,8	44,7	91,5	112,8	85,8	169,2	91,2	167,5
12	150	P ₂ O ₅	59,9	75,8	69,3	57,3	113,2	120,2	95,7	176,5	87,8	192,2
13	120	K ₂ O	74,1	104,3	83,2	80,7	119,3	112,2	107,8	121,7	101,0	168,7
В среднем за 1973-1996 гг.			66,2	81,6	69,5	68,2	104,9	125,8	109,0	164,2	107,4	187,4
НСР ₀₅			18,7									

из-за погодных условий: в июле температура изменялась от 16,6 до 20,5°C, количество осадков — от 38 до 106 мм, в августе — соответственно от 16,6 до 19,6°C, и от 17 до 143 мм.

В 6-ю ротацию (1949-1954 гг.) в целом складывались благоприятные агрометеорологические условия для картофеля, что положительно отразилось на урожае, в частности в варианте без удобрений он составил в среднем за ротацию 86,8 ц/га. Однако колебания по годам достигали 1,5-2 раза.

В целом за второй период опыта урожайность картофеля мало отличалась от уровня в первый период.

В третий период наблюдались контрастные ротации по урожайности картофеля. Так, в 7-ю ротацию (1955-1960 гг.) показатель был 90,5 ц/га, а в 9-ю ротацию — всего 60,3 ц/га, что объясняется погодными условиями. Урожайность картофеля в 1955 г. была равна 40,7 ц/га, 1960 г. — 125,1 ц/га, 1962 г. — 58,2 ц/га, 1966 г. — 123,1 ц/га и в 1969 г. — 29,6 ц/га; а суммы осадков и температур за вегетационный период были соответственно — 180, 293, 418, 285 и 279 мм; 1885, 2095, 1775, 2097 и 1867°C.

Начиная с 10-й ротации (1972 г.) и на протяжении по-

следующих 24 лет урожайность картофеля в контрольном варианте стала увеличиваться, что объясняется введением новых более продуктивных и устойчивых к болезням и вредителям сортов и применением химических средств защиты растений.

Известкование дерново-подзолистой почвы в варианте без удобрений способствовало незначительному росту урожайности картофеля (на 5—10 ц/га) только с 1949 по 1955 г. В последующие годы этого положительного воздействия не наблюдалось, а в отдельные ротации (8, 10, 12 и 13) отмечалось снижение урожая на 13,1-25,4 ц/га. Такое влияние извести на урожайность картофеля обусловлено следующим: в первые годы применение известкования реакция почвенной среды приближалась к оптимальной, а в последующие ротации рН была выше оптимального уровня.

Внесение раздельно азота и фосфора на неизвесткованных делянках не оказывало заметного влияния на урожайность картофеля за все время опыта. Применение отдельно калийных удобрений дало положительный эффект только в первый период (1912-1939 гг.), в последующие годы прибавка урожая находилась в пределах ошибки опыта.

Действие двойного сочетания элементов минерального питания проявляется в вариантах НР и РК в течение всего периода ведения длительного опыта. При совместном внесении азота и фосфора существенно статистически доказуемый рост урожайности картофеля наблюдался только начиная с 1973 г. Таким образом, наиболее устойчивая прибавка урожая картофеля формируется при внесении калия с фосфором и азотом.

Во все периоды опыта в вариантах НРК, навоз, НРК + навоз урожайность картофеля была выше, чем в других вариантах удобрения. В первый период наибольший эффект наблюдался от навоза, поскольку дозы минеральных удобрений были очень низкие и не сбалансированы по питательным элементам с навозом. Начиная со второго периода действие НРК и навоза выравнивается, а с увеличением доз удобрений (4-й период, 1973~1996 гг.) преимущество варианта НРК становится очевидным. Следует отметить, что в течение 1973-1996 гг. урожайность картофеля при бессменном возделывании только при внесении 100N150P120K составила 189,6 ц/га с колебаниями по ротациям от 151,5 до 219,2 ц/га. Совместное применение минеральных и

органических удобрений обеспечивало получение урожайности картофеля в среднем 205,5 ц/га при варьировании по ротациям от 165,7 до 235,0 ц/га. По эффективности навоз во второй и третий периоды опыта не отличался от НРК. С 1973 г. действие навоза уменьшается по сравнению с влиянием НРК вследствие ухудшения качества навоза и несбалансированности его по содержанию питательных элементов.

Положительное влияние известкования не обнаруживалось ни в одном варианте внесения минеральных удобрений и навоза на протяжении всего длительного опыта, а в период 1973-1996 гг. действие извести приводило к обратному эффекту. Следовательно, картофель хорошо адаптирован к условиям дерново-подзолистых почв, и его можно выращивать без применения извести на фоне полного минерального и органического удобрения.

Данные об урожайности картофеля в севообороте представлены в табл. 2, из которой следует, что различия в урожаях, получаемых в севообороте и при бессменном возделывании, в большинстве вариантов несущественны. Кроме того, в 40% лет урожайность картофеля при бессменном возделывании была не ниже или выше, чем

Урожайность картофеля в севообороте длительного полевого опыта ТСХА (ц/га)

Рота- ция	Система удобрений	Вариант удобрений									
		О	N	P	K	NP	NK	PK	NPK	NPK+ навоз	
<i>Без известки</i>											
1	Навоз — 18 т/га	121,3	98,2	123,7	142,7	146,0	155,6	137,9	174,3	154,7	
2	7,5 — N	67,9	68,9	76,1	77,1	73,8	80,8	86,9	99,9	99,0	
3	15 — P ₂ O ₅	98,4	109,3	101,0	134,7	116,6	161,1	160,5	186,3	177,8	
4	22,5 — K ₂ O	73,3	59,6	67,9	99,9	78,0	109,2	117,6	138,1	139,6	
В среднем за 1912-1939 гг. НСР ₀₅		89,1	84,2	91,0	113,2	102,1	126,9	126,8	150,2	143,9	
5	Навоз — 20 т/га	92,2	81,3	95,1	127,8	87,7	85,6	129,7	156,1	191,4	
6	7,5 — N										
	60 — P ₂ O ₅	89,1	83,8	99,0	92,0	78,0	55,4	131,7	181,0	252,2	
	90 — K ₂ O										
В среднем за 1940-1954 гг. НСР ₀₅		90,6	82,6	97,0	109,9	82,9	70,5	130,7	168,6	221,8	
7	Навоз — 10 т/га	88,0	99,6	112,1	138,0	131,3	150,1	190,1	203,1	259,5	
8	50 — N	59,4	65,0	82,2	92,6	79,0	88,6	129,5	146,8	173,7	
9	7,5 — P ₂ O ₅	47,9	60,8	57,5	62,8	65,3	72,2	103,2	112,8	153,0	
	60 — K ₂ O										
В среднем за 1955-1972 гг. НСР ₀₅		65,1 — 26,8	75,1	84,0	97,8	91,8	103,6	140,9	154,2	195,4	

10	Навоз	20 т/га	91,8	87,5	112,7	109,9	132,6	132,1	176,2	213,5	244,7
11	100	N	60,3	54,3	82,1	69,7	96,8	103,0	136,5	180,4	190,6
12	150	P ₂ O ₅	129,0	140,3	162,0	155,3	194,3	182,3	244,0	242,0	297,3
13	120	K ₂ O	87,3	89,0	120,3	97,3	128,7	111,0	159,7	154,0	185,0
В среднем за 1973-1996 гг.			92,1	92,8	119,8	108,1	138,1	132,1	179,1	197,5	229,4
НСР ₀₅			33,4								

По известии

6	Навоз	20 т/га	101,9	90,0	124,5	135,8	144,9	156,5	198,0	225,0	256,2
	75	N									
	60	P ₂ O ₅									
	90	K ₂ O									

В среднем за 1949-1954 гг.

НСР ₀₅			58,4								
7	Навоз	10 т/га	76,5	90,2	101,0	182,9	128,1	198,8	228,6	217,3	240,8
8	50	N	56,1	70,8	74,5	92,3	71,5	134,4	155,9	163,5	212,5
9	75	P ₂ O ₅	49,9	50,5	50,7	74,1	54,8	99,8	105,0	118,4	145,5
	60	K ₂ O									
В среднем за 1955-1972 гг.			60,8	70,5	75,4	116,4	84,8	114,3	163,2	166,4	199,6
НСР ₀₅			26,8								

10	Навоз	20 т/га	68,5	90,8	81,7	137,0	112,1	197,0	177,0	208,5	237,3
11	100	N	57,9	55,3	62,3	77,5	105,6	145,7	142,9	226,7	276,0
12	150	P ₂ O ₅	76,2	136,7	135,7	175,7	183,3	190,0	176,7	259,7	254,0
13	120	K ₂ O	89,2	98,3	101,3	89,2	108,3	157,0	177,3	151,3	170,3
В среднем за 1973-1996 гг.			72,9	95,3	95,3	119,9	127,4	172,6	168,5	211,5	234,4
НСР ₀₅			33,4								

при выращивании в севообороте. Поэтому, как отмечал В. Е. Егоров [1], картофель относится к группе культур, слабо реагирующих на севооборот.

Применение извести в не-удобренных вариантах не оказывало положительного влияния на урожайность картофеля в третий период опыта (1955—1972 гг.), а в последний период (1973-1996 гг.) отметилась тенденция к снижению урожайности картофеля при известковании, хотя это и было в пределах ошибки опыта.

При использовании невысоких и средних доз минеральных удобрений наиболее эффективным элементом был калий, затем фосфор и азот. В последний период при внесении высоких доз удобрений действие калия и фосфора было примерно одинаковым, в то же время азот значительно уступал им. Применение полного минерального удобрения раздельно или в сочетании с навозом способствовало существенному повышению урожайности картофеля в течение всего времени опыта. При двойном сочетании элементов питания наибольший положительный эффект получен только в варианте РК, а в вариантах НР и НК — только в третий и четвертый периоды (1955—1996 гг.).

Известкование не оказывало заметного влияния на урожайность картофеля в севообороте, особенно при внесении фосфора и калия и их сочетаниях. Положительный эффект от извести наблюдался в варианте НРК в отдельные ротации третьего и четвертого периодов (1955 — 1996 гг.); в четвертый период — только в варианте НК, поскольку эти удобрения физиологически кислые.

В целом по опыту урожайность картофеля по годам значительно варьировала (коэффициент вариации более 40%). Так, в бессменных посевах в варианте без удобрений урожайность картофеля колебалась от 50 до 100 ц/га в 51% лет, менее 50 ц/га — в 24% лет, выше 100 ц/га — 25% лет; в севообороте — соответственно в 56, 18, 26% лет. В варианте НРК при бессменном возделывании урожай картофеля составлял 100-200 ц/га в 55% лет, менее 100 ц/га — в 21% лет, более 200 ц/га — 24% лет; а в севообороте — соответственно в 55, 18 и 27% лет.

Данные об окупаемости минеральных и органических удобрений представлены в табл. 3. В первый период окупаемость элементов питания в бессменных посевах была самой высокой. Это объясняется очень низкими дозами удобрений, на окупаемость

Таблица 3

Окупаемость применения минеральных и органических удобрений урожаем картофеля (кг/кг д.в. элемента питания)

Период	N	P	K	NP	NK	PK	NPK	Навоз	НPK+ навоз
<i>Бессменно</i>									
1912-1939	<u>89,3</u>	<u>.0</u>	<u>107,1</u>	<u>65,8</u>	<u>115,3</u>	<u>102,7</u>	<u>130,2</u>	<u>72,1</u>	<u>26,9</u>
1940-1954	<u>0</u>	<u>6,3</u>	<u>19,0</u>	<u>7,4</u>	<u>24,2</u>	<u>36,7</u>	<u>42,1</u>	<u>62,0</u>	<u>34,3</u>
1955-1972	<u>1,8</u>	<u>15,9</u>	<u>34,8</u>	<u>16,6</u>	<u>34,1</u>	<u>53,9</u>	<u>39,8</u>	<u>91,8</u>	<u>63,3</u>
1973-1996	<u>13,7</u>	<u>6,2</u>	<u>8,8</u>	<u>14,7</u>	<u>31,0</u>	<u>21,9</u>	<u>28,3</u>	<u>26,0</u>	<u>23,3</u>
Средние*	<u>5,2</u>	<u>9,5</u>	<u>20,9</u>	<u>12,9</u>	<u>29,8</u>	<u>37,5</u>	<u>36,7</u>	<u>59,9</u>	<u>40,3</u>
	5,9	6,9	7,0	11,3	34,0	40,2	44,7	76,9	36,0
<i>Севооборот</i>									
1912-1939	<u>0</u>	<u>12,7</u>	<u>107,1</u>	<u>57,8</u>	<u>126,0</u>	<u>100,5</u>	<u>135,8</u>	-	<u>30,8</u>
1940-1954	<u>0</u>	<u>10,7</u>	<u>21,4</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>26,7</u>	<u>34,7</u>	-	<u>39,4</u>
	0	37,7	37,7	31,9	33,1	64,1	54,7		41,4
1955-1972	<u>20,0</u>	<u>25,2</u>	<u>54,5</u>	<u>21,4</u>	<u>35,0</u>	<u>56,1</u>	<u>48,2</u>	-	<u>50,3</u>
	19,4	19,5	92,7	19,2	75,9	75,9	57,1		53,6
1973-1996	<u>0,7</u>	<u>18,5</u>	<u>13,3</u>	<u>18,4</u>	<u>18,2</u>	<u>32,2</u>	<u>28,5</u>	-	<u>26,5</u>
	22,4	14,9	39,2	21,8	45,3	35,4	37,4		31,2
Средние*	<u>6,9</u>	<u>18,1</u>	<u>29,7</u>	<u>13,3</u>	<u>17,7</u>	<u>38,3</u>	<u>37,1</u>	-	<u>38,7</u>
	13,9	24,0	56,5	24,3	44,3	58,5	49,7		42,1

Примечание. В числителе — без извести, в знаменателе — по извести.

* Средние данные рассчитаны за 3 последних периода опыта (1940-1996 гг.).

которых накладывается эффект случайного пространственного варьирования плодородия почвы, в результате искажается истинное действие удобрений.

С увеличением доз удобрений в последующие периоды нивелируется действие слу-

чайных факторов и резко снижается окупаемость. Поэтому при расчете средних данных окупаемости не учитывались результаты первого периода проведения опыта.

Несбалансированность минерального питания растений

отражается на эффективности удобрений. Это отчетливо заметно во второй период опыта. Внесение азота, фосфора и калия отдельно дало в среднем невысокую окупаемость по сравнению с двойным и тройным сочетанием элементов питания. С увеличением доз удобрений и при их сбалансированности окупаемость 1 кг элемента питания уменьшается. Среди элементов минерального питания окупаемость калия выше, чем азота и фосфора. Окупаемость элементов питания при двойном сочетании выше по сравнению с раздельным способом, особенно в сочетании с калием.

Применение полного минерального удобрения в бессменных посевах существенно повышало их окупаемость во все периоды опыта. Но с увеличением доз удобрений окупаемость тройного сочетания элементов питания снижается, что и отмечается в последний период опыта (1972-1996 гг.).

Действие извести в бессменных посевах проявляется незначительно. Заметно повышается окупаемость элементов питания при двойном и тройном их сочетании на фоне применения извести.

Эффективность навоза также существенно выше минерального питания как

на фоне извести, так и без нее.

При возделывании картофеля в севообороте окупаемость элементов минерального питания приблизительно такая же, как и в бессменных посевах. В первый период опыта наблюдалась самая их высокая эффективность, что объясняется низкими дозами удобрений и значительной изменчивостью плодородия почвы по вариантам опыта. С увеличением доз минеральных и органических удобрений окупаемость элементов питания уменьшается.

Внесение элементов минерального питания отдельно в севообороте дало невысокую их эффективность, но выше, чем при бессменном возделывании, особенно на фоне применения извести. Окупаемость применения двойного сочетания удобрений в севообороте по сравнению с раздельным способом выше, особенно в сочетании с калием.

Эффективность полного минерального питания была наибольшей во все периоды опыта.

Следует особо подчеркнуть, что снижение урожайности в варианте без удобрений от применения извести искажает данные об эффективности удобрений на известкованном фоне.

Таблица 4

**Плодородие помпы под картофелем при длительном
применении удобрений и извести и бессменных посевах
и севообороте**

Вариант удобрения	Содержание органического в-ва, С%		Содержание подвижного фосфора, мг/кг		Содержание обменного калия, мг/кг		рН _{КСИ}	
	бес- сменно	сево- оборот	бес- сменно	сево- оборот	бес- сменно	сево- оборот	бес- сменно	сево- оборот
1. Без удобрений	0,67	0,84	144,3	61,2	48,5	40,5	3,86	3,75
2. Известь	0,64	0,86	105,0	53,5	51,7	43,8	6,18	5,64
3. N	0,70	1,00	127,5	64,5	49,7	49,7	4,10	3,71
4. N+известь	0,74	0,97	103,8	41,2	53,2	45,8	5,86	4,92
5. P	0,60	0,94	176,3	133,0	79,3	54,5	4,51	3,84
6. P+известь	0,63	0,78	192,5	157,5	77,0	44,0	6,13	5,63
7. K	0,60	0,82	84,8	37,6	107,8	99,5	4,28	3,82
8. K+известь	0,83	0,87	96,3	35,1	118,3	86,7	6,25	5,69
9. NP	0,68	0,91	168,5	133,0	66,5	47,0	3,84	3,63
10. NP+известь	0,80	1,00	187,2	169,0	50,5	41,5	6,02	5,15
11. NK	0,76	0,97	121,0	68,4	138,0	98,7	4,17	3,71
12. NK+известь	0,79	0,93	137,0	57,7	127,0	97,5	6,02	5,23
13. PK	0,81	0,84	283,8	250,5	122,2	130,7	4,46	4,25
14. PK+известь	0,84	0,92	277,0	219,2	167,3	110,3	6,23	5,77
15. NPK	0,88	1,04	222,5	187,0	114,0	86,8	4,58	4,05
16. NPK+известь	0,93	1,01	258,0	222,9	138,5	109,3	6,18	5,39
17. NPK+навоз	1,00	1,09	267,6	277,1	132,5	154,5	4,49	5,03
18. NPK+навоз+ +известь	0,98	1,13	323,0	293,7	181,0	132,3	6,20	6,17

О влиянии возделывания картофеля на плодородие дерново-подзолистой почвы можно судить по данным табл. 4. Содержание органического вещества почвы при бессменном возделывании картофеля в вариантах без удобрений, N, P, K составляет около 0,6 — 0,8С%. Это

ниже исходного уровня (1,2С%) на 0,4-), GC%. Такое же количество органического вещества отмечается в вариантах двойного сочетания элементов минерального питания. При полном минеральном удобрении как отдельно, так и в сочетании с навозом и известью содержание орга-

нического углерода составляет 0,9–1,0С%, что также ниже исходного уровня. Это свидетельствует о том, что при данных дозах минеральных и органических удобрений процессы минерализации гумуса преобладают над его синтезом.

В настоящее время влияние извести на содержание органического вещества почвы не обнаруживается.

В почве севооборота по сравнению с бессменным возделыванием содержание органического вещества выше на 0,2С%, что обусловлено наличием в нем, кроме чистого пара и посевов картофеля, культур сплошного сева, которые способствуют более высокому накоплению в почве растительных остатков и снижению интенсивности разложения гумусовых веществ.

Содержание в почве подвижных форм фосфора и калия зависит от применяемых удобрений. Наибольшее накопление в почве фосфора и калия происходит при совместном применении элементов питания РК, NPK, NPK+навоз. К настоящему времени содержание фосфора в данных вариантах бессменного посева достигло оптимального значения для дерново-подзолистой почвы. Оптимальный уровень калия

отмечается только в варианте NPK+навоз.

В почве севооборота подвижных форм фосфора содержится значительно меньше, чем при бессменном возделывании, из-за большего выноса его с урожаем. Количество калия в вариантах бессменного возделывания и севооборота приблизительно одинаковое, что объясняется значительным потреблением этого элемента питания картофеля независимо от способа возделывания.

Роль извести в накоплении доступных соединений фосфора и калия не отмечается.

Кислотность почвы на делянках севооборота выше, чем в бессменном посеве, поскольку вынос кальция с урожаями культур в севообороте больше.

Таким образом, картофель, произрастая бессменно в течение длительного времени, способствует снижению содержания органического вещества почвы при существующих нормах применения удобрений. Однако в последний период наступила стабилизация.

Расширенное воспроизводство фосфора происходит во всех вариантах с применением фосфорных удобрений, причем более интенсивно при сочетании фосфора и калия, NPK и NPK+навоз.

Выводы

1. Длительное возделывание картофеля в бессменных посевах выявило высокую адаптированность его к условиям дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны.

2. При бессменном возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве без применения удобрений в среднем за 1912—1996 гг. урожай картофеля составил 79,3 ц/га, минимальный по ротациям — 52,6 ц/га, максимальный — 118 ц/га.

3. Коэффициент вариации урожая картофеля по годам более 40%. Только в 51-56% лет урожайность была в пределах среднего значения $\pm \text{НСР}_{0,5}$, а в остальные годы — менее или более указанного предела.

4. В севообороте эффективность возделывания картофеля низкая; менее чем в 60% лет урожайность превышала таковую в бессменных посевах, но не выходила за пределы НСР_{13} .

5. Применение элементов минерального питания под картофель отдельно неэффективно.

6. При совместном внесении калия с азотом и фосфором урожайность картофеля увеличивается в 1,5-2,0 раза по сравнению с уровнем в варианте без удобрений. Прибавка урожая от сочетания

элементов питания снижалась в последовательности $\text{NPK} > \text{PK} > \text{NK}$.

7. Полное минеральное удобрение совместно с навозом наиболее эффективно при возделывании картофеля.

8. Эффективность навоза в бессменных посевах картофеля с 1912 по 1972 г. составляла в среднем 5,6 ц клубней в расчете на 1 т, а в последующий период снизилась до 1,9 ц на 1 т навоза.

9. Окупаемость элементов минерального питания наибольшей была в вариантах NPK , PK , NK .

10. Применение извести не оказывало положительного влияния на продуктивность растений картофеля.

11. Длительное возделывание картофеля в бессменных посевах и севообороте привело к значительному снижению содержания органического вещества в почве. Применение фосфорно-калийных удобрений несколько уменьшало темпы минерализации гумуса и способствовало накоплению подвижных форм фосфора и обменного калия в почве. Известь не оказывала заметного влияния на плодородие почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров В. Е. Опыт длится 60 лет. М.: Знание, 1972. — 2.
- Егоров В. Е., Доспехов Б. А.,

Лыков А. М. и др. Влияние длительного применения удобрений, известкования на урожай и плодородие дерново-подзолистой почвы. — Вестн. с.-х. науки. 1979. № 10, с. 47-58. — 3. Лыков А. М., Васильева Д. В., Сафонов А. Ф., Сугробов В. М. Влияние длительного интенсивного применения удобрений, известкования и севооборота на урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА. 1985, вып. 4. с. 33-41. — 4. Расте-

ниеводство / Под ред. П.П. Вавилова. — М.: Агропромиздат, 1986. — 5. Сафонов А. Ф., Алферов А. А., Золотарев М. А. Урожайность озимой ржи и плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и известкования в бессменных посевах и севообороте. — Изв. ТСХА, 2000. вып. 4. с. 21-34. 6. Шнаар Д., Иванов В., Шу у манн П. и др. Картофель. — Мн. «ФУАинформ», 1999.

*Статья поступила
5 декабря 2000 г.*

SUMMARY

In long-term field experiment conducted in Timiryazev Agricultural Academy separate application of N, P, K is slightly efficient. Combined application of potassium with nitrogen and phosphorus increased yield of potato 1,5-2,0 times. The increase in yield due to combination of nutrient elements was reduced in sequence NPK > PK > NK. The efficiency of cultivating potato in crop rotation was low. During the period less than 60% of years the yield of potato in rotation was higher than that in continuous seedings. Cultivation of potato continuously and in rotation results in much lower content of organic matter in the soil. Phosphate-potassium fertilizers made the rates of humus mineralization somewhat lower and favoured accumulation of mobile forms of phosphorus and exchangeable potassium in the soil.