

Влияние глубины основной обработки и удобрений при возделывании картофеля по европейской технологии (Гримме) на структурно-агрегатный состав и эффективное плодородие чернозёма южного Черновской ОС

И. В. Сатункин, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Картофель – одна из важнейших культур в питании человека. Он обладает высокими вкусовыми и питательными свойствами. В клубнях содержится до 34% сухих веществ, в том числе крахмала 12–27%, белка – 1–4%. Картофель ранний – важный источник витаминов С, РР, В₁ и В₂ [1].

Картофель предъявляет повышенные требования к почве. Особенности водно-воздушного режима почв во многом зависят от их структурного состояния. Оптимальное структурное состояние (40–75% водопрочных агрегатов) обеспечивает рыхлость сложения почвы, необходимое сочетание капиллярной и некапиллярной пористости, высокую влагоёмкость и водопроницаемость [2].

Сохранению и улучшению структуры может способствовать правильная и своевременная обработка почвы, замена вспашки поверхностной обработкой, уменьшение количества (или исключение) междурядных рыхлений пропашных культур, сочетание нескольких операций в одном рабочем процессе, полный отказ от механической обработки (прямой посев) [3].

Органические удобрения (навоз) являются дополнительным источником образования гумуса и непосредственно повышают водоустойчивость структуры почвы [4].

В оптимизации физических свойств орошаемых почв важная роль принадлежит органическим удобрениям. Применение 30–40 т/га навоза позволяет снизить глыбистость и расплывённость почвы, увеличить содержание водопрочных агрегатов. Существует точка зрения, согласно которой на орошаемых почвах более перспективно применение повышенных доз органических удобрений – 100–200 т/га [2].

Потребность картофеля в основных элементах питания меняется в зависимости от условий его выращивания, сортов и доз удобрений, применяемых в севообороте. Картофель хорошо усваивает калий и фосфор почвы, значительно лучше, чем яровые зерновые культуры, хорошо переносит кислую реакцию почвы, оптимальная рН 5–6.

Многолетнее внесение навоза, как правило, увеличивает количество органического вещества и ёмкость поглощения почв, снижает обменную и гидролитическую кислотность и увеличивает степень насыщенности почв основаниями, т.е. улучшает физико-химические свойства почв [5].

От длительного применения минеральных удобрений свойства почв ухудшаются. При правильном применении удобрений (на фоне навоза или известкования, внесения добавок для нейтрализации физиологической кислотности удобрений) кислотность почв не только не увеличивается, но

в ряде случаев происходит даже её снижение. На нейтральных и близких к нейтральным чернозёмам некоторые подкисления в результате применения удобрений можно считать даже положительными, т.к. многие соединения при этом становятся более подвижными и доступными для растений [5].

Серьёзную проблему для орошаемого земледелия представляет подщелачивание орошаемых почв.

В орошаемых почвах проявляется два вида подщелачивания. В одном случае, как правило, сразу после полива, особенно в жаркое время суток, происходит резкое увеличение рН, значение которого достигают 8,7–9,0. Однако по истечении какого-то времени реакция среды возвращается к исходному уровню. Во втором происходит постепенное, незначительное, но устойчивое нарастание щёлочности. Значение рН уже не возвращается к исходному уровню, а имеет постоянную тенденцию к росту [2].

Картофель – клубнеплодное растение, поэтому предъявляет высокие требования к оптимизации физических и химических свойств почвы пахотного и подпахотного слоёв. Требования к основной обработке почвы, выбору наиболее оптимальной её глубины при различных уровнях минерального питания с внесением и без применения полуперепревшего навоза зависят не только от реально складывающихся природно-хозяйственных условий, но и от применяемых технологических приёмов по возделыванию картофеля при орошении.

Материал и методы исследования. Исследование проводили на чернозёме южном карбонатном Черновской оросительной системы. Осенью вносили навоз разбрасывателем органических удобрений РОУ-5, фосфорные и калийные удобрения – разбрасывателем минеральных удобрений фирмы «Амазоне», серии ZA-M900. Основная обработка почвы включала вспашку на глубину 17–20 см, 22–25 см и 27–30 см плугом ПЛН-

5–35 в агрегате с трактором МТЗ-1221. Весной после покровного боронования вносили основную часть азотных и остаток фосфорных удобрений разбрасывателем ZA-M900. Рыхление и выравнивание осуществляли вертикально-фрезерным культиватором Grimme YF 75–4/99–4 на глубину 12–15 см. Посадку картофеля проводили картофелесажалкой Grimme GL34T с установленным оборудованием для протравливания клубней при посадке. Гребни формировали гребнеобразователем навесным GF-75–4. Вегетационные поливы проводили ДМ Фрегат-Н [6]. Ботву удаляли ботвоудалителем KS-75–4. Картофель убирали однорядным картофелеуборочным комбайном Grimme SE75–40UB.

Обеспеченность растений картофеля элементами минерального питания во многом зависит от естественного плодородия почв. На Черновской оросительной системе в ООО «Агрофирма «Краснохолмская» природное (естественное) плодородие чернозёма южного в подпахотном слое (30–60 см) ниже, чем в пахотном (0–30 см): ёмкость катионного обмена на 9,0 ммоль в 100 г почвы; обменного кальция – на 9,7 ммоль; обменного натрия – на 0,01 ммоль в 100 г почвы меньше, а обменного магния на 0,8 ммоль в 100 г почвы больше; гумуса – меньше на 0,8%; подвижных форм P₂O₅ – на 1,3 мг/100 г почвы; обменного калия – на 10,0 мг/100 г почвы; рН находится на уровне 7,6.

Результаты исследования. Глубина основной обработки почвы неодинаково влияет на структурно-агрегатный состав пахотного и подпахотного слоёв почвы (табл. 1).

Количество агрономически ценных частиц размером (10–0,25 мм) в почве на делянках, обработанных по системе обычной вспашки, 22–25 см (контрольный вариант) в слое 0–30 см составило 67,1%. Уменьшение глубины вспашки до 17–20 см

1. Влияние глубины основной обработки на структурно-агрегатный состав чернозёма южного, % (среднее за 2008–2016 гг.)

Глубина основной обработки почвы, см	Слой почвы, см	Размер частиц (мм) в % на воздушно-сухую почву			Коэффициент структурности
		> 10	10–0,25	< 0,25	
17–20	0–10	23,1	68,3	8,6	2,15
	10–20	23,6	67,2	9,2	2,05
	20–30	26,3	66,9	6,8	2,02
	0–30	24,3	67,5	8,2	2,08
	30–40	28,4	64,2	7,4	1,79
22–25	0–10	23,3	67,4	9,3	2,07
	10–20	22,9	67,6	9,5	2,09
	20–30	26,4	66,3	7,3	1,97
	0–30	24,2	67,1	8,7	2,04
	30–40	28,1	64,7	7,2	1,83
27–30	0–10	24,1	66,1	9,8	1,95
	10–20	25,1	65,3	9,6	1,88
	20–30	25,8	65,7	8,5	1,92
	0–30	25,0	65,7	9,3	1,92
	30–40	28,5	64,4	7,1	1,81

Примечание: после формирования гребня (перед первым поливом)

незначительно повышало процентное содержание вышеуказанных агрегатов. Здесь в слое 0–10 см их имелось 68,3%, а в слое 0–30 см – 67,5%.

При глубоком (27–30 см) отвальном рыхлении почвы отмечалось уменьшение количества агрономически ценных агрегатов в слое 0–30 см (65,7%). Здесь увеличивалось количество агрегатов размером более 10 мм (25,0%).

Количество агрономически ценных агрегатов в подпахотном слое (30–40) было практически одинаковым на контрольном варианте глубины основной обработки почвы (22–25 см) – 64,7%, при мелкой вспашке (17–20 см) – 64,2%, при углублённой основной обработке (27–30 см) – 64,4%.

Коэффициент структурности чернозёма южного по вариантам опыта варьировал от 1,81 при глубоком отвальном рыхлении (в слое 30–40 см) до 2,15 на варианте с мелкой вспашкой (в слое 0–10 см).

Согласно шкале по содержанию агрономически ценных агрегатов все варианты глубины основной обработки чернозёма южного обеспечили отличное структурно-агрегатное состояние [2].

Полевые и лабораторные исследования по изучению влияния расчётных норм минеральных удобрений с внесением и без применения полуперепревшего навоза показали, что они существенно изменяют водопрочность почвенных агрегатов (табл. 2).

При внесении 80 т/га навоза под вспашку на 27–30 см количество водопрочных агрегатов во фракции почвы > 0,25 мм в слое почвы 0–20 см повысилось на 5,1%, в слое 20–40 см – на 7,5%. При внесении расчётной нормы минеральных удобрений $N_{72}P_{50}K_{45}$ содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–20 см уменьшилось на 1,2%, в слое почвы 20–40 см увеличилось на 1,0%.

При внесении навоза (80 т/га) и умеренной нор-

мы минеральных удобрений ($N_{72}P_{50}K_{45}$) количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–20 см повысилось на 2,9%, в слое почвы 20–40 см – на 5,6%.

Внесение $N_{144}P_{100}K_{90}$ снизило содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–20 см на 2,4%, в слое 20–40 см количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм было на уровне варианта без применения удобрений – 57,8%.

При внесении навоза, 80 т/га, и $N_{144}P_{100}K_{90}$ содержание водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое 0–20 см понизилось на 0,8%, в слое 20–40 см повысилось на 2,1%.

Внесение высокой расчётной нормы минеральных удобрений $N_{216}P_{150}K_{135}$ привело к снижению количества водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое почвы 0–20 см на 3,4%, в слое 20–40 см – на 1,0%. Внесение этой же норы минеральных удобрений и 80 т/га полуперепревшего навоза уменьшило количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм в слое почвы 0–20 см на 1,4%, а в слое почвы 20–40 см увеличило – на 0,7%.

Таким образом, применение полуперепревшего навоза, расчётных норм минеральных удобрений на фоне навоза и без его внесения способствует существенному повышению содержания водопрочных агрегатов в пахотном и подпахотном слоях почвы.

Применение разных систем удобрения в ходе опытов сопровождалось также определённым их воздействием на элементы эффективного плодородия чернозёма южного. Так, после формирования гребня (перед первым поливом) при глубине основной обработки почвы 27–30 см на варианте без применения удобрений содержание гумуса в слое 0–30 см уменьшилось на 0,1%, а в слое 30–60 см увеличилось на 0,1% (табл. 3).

Показатель рН в слоях 0–30 см и 30–60 см

2. Влияние уровня минерального питания при глубине основной обработки 27–30 см на водопрочность почвенных агрегатов (среднее за 2008–2016 гг.)

Расчётная норма удобрений, кг д.в./га	Содержание водопрочных агрегатов, %					
	5–3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	<0,25	>0,25
Без удобрений	<u>2,8</u> 3,5	<u>10,4</u> 24,2	<u>33,6</u> 17,7	<u>14,9</u> 12,4	<u>38,3</u> 42,2	<u>61,7</u> 57,8
Навоз, 80 т/га – фон	<u>3,7</u> 5,1	<u>12,6</u> 27,8	<u>34,8</u> 19,3	<u>15,7</u> 13,1	<u>33,8</u> 34,7	<u>66,8</u> 65,3
$N_{72}P_{50}K_{45}$	<u>3,1</u> 3,3	<u>9,6</u> 24,8	<u>33,3</u> 18,1	<u>14,5</u> 12,6	<u>39,5</u> 41,2	<u>60,5</u> 58,8
$N_{72}P_{50}K_{45}$ + фон	<u>3,3</u> 4,7	<u>12,3</u> 26,7	<u>33,9</u> 19,1	<u>15,1</u> 12,9	<u>35,4</u> 36,6	<u>64,6</u> 63,4
$N_{144}P_{100}K_{90}$	<u>2,9</u> 3,1	<u>9,4</u> 24,5	<u>32,7</u> 17,8	<u>14,3</u> 12,4	<u>40,7</u> 42,0	<u>59,3</u> 57,8
$N_{144}P_{100}K_{90}$ + фон	<u>3,0</u> 3,4	<u>9,9</u> 25,4	<u>33,5</u> 18,4	<u>14,8</u> 12,7	<u>39,1</u> 40,1	<u>60,9</u> 59,9
$N_{216}P_{150}K_{135}$	<u>2,6</u> 2,9	<u>9,2</u> 24,3	<u>32,4</u> 17,5	<u>14,1</u> 12,1	<u>41,7</u> 43,2	<u>58,3</u> 56,8
$N_{216}P_{150}K_{135}$ + фон	<u>2,8</u> 3,2	<u>9,7</u> 25,2	<u>33,2</u> 17,8	<u>14,6</u> 12,3	<u>39,7</u> 41,5	<u>60,3</u> 58,5

Примечание: 1) в числителе – содержание фракции в слое 0–20 см; в знаменателе – содержание фракции в слое 20–40 см; 2) после формирования гребня (перед первым поливом)

3. Влияние расчётных норм удобрений на элементы плодородия чернозёма южного под картофелем в слоях 0–30 см и 30–60 см при глубине основной обработки 27–30 см (среднее за 2008–2016 гг.)

Расчётная норма удобрений, кг д.в./га	Содержание гумуса, %		рН		Содержание подвижного фосфора – P ₂ O ₅ мг/100 г почвы (по Мачигину)		Содержание обменного калия – K ₂ O мг/100 г почвы (по Мачигину)	
	слой почвы, см							
	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
перед закладкой опыта								
Без удобрений	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
Навоз, 80 т/га – фон	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅ + фон	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀ + фон	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅ + фон	3,6	2,8	7,5	7,6	3,2	1,9	29,1	19,7
после формирования гребня (перед первым поливом)								
Без удобрений	3,5	2,9	7,4	7,5	3,3	1,7	28,7	19,5
Навоз, 80 т/га – фон	3,9	3,1	7,7	7,7	3,7	2,2	30,2	20,4
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅	3,5	2,7	5,9	5,8	3,5	2,1	29,4	20,1
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅ + фон	3,8	2,8	6,2	6,6	3,9	2,3	30,9	20,4
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀	3,4	2,7	5,6	5,2	4,1	2,4	31,8	20,6
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀ + фон	3,9	3,0	5,8	5,5	4,4	2,6	32,3	20,9
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅	3,6	2,8	5,3	5,1	4,3	2,5	33,4	21,2
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅ + фон	3,8	3,1	5,7	5,4	4,5	2,7	34,1	21,7

4. Влияние расчётных норм удобрений на ёмкость катионного обмена чернозёма южного под картофелем в слоях 0–30 см и 30–60 см при глубине основной обработки 27–30 см (среднее за 2008–2016 гг.)

Расчётная норма удобрений, кг д.в./га	Ёмкость катионного обмена, ммоль в 100 г почвы		Обменный кальций, ммоль в 100 г почвы		Обменный магний, ммоль в 100 г почвы		Обменный натрий, ммоль в 100 г почвы	
	слой почвы, см							
	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60	0–30	30–60
перед закладкой опыта								
Без удобрений	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
Навоз, 80 т/га – фон	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅ + фон	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀ + фон	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅ + фон	32,0	23,0	26,1	16,4	5,3	6,1	0,6	0,5
после формирования гребня (перед первым поливом)								
Без удобрений	32,0	23,0	26,2	16,8	5,4	5,9	0,4	0,3
Навоз, 80 т/га – фон	34,0	26,0	27,8	19,1	5,9	6,7	0,3	0,2
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅	33,0	24,0	27,5	17,7	5,5	5,9	0,5	0,4
N ₇₂ P ₅₀ K ₄₅ + фон	35,0	27,0	28,6	20,0	6,1	6,8	0,3	0,2
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀	34,0	26,0	28,0	19,7	5,6	6,0	0,4	0,3
N ₁₄₄ P ₁₀₀ K ₉₀ + фон	38,0	29,0	31,4	21,6	6,2	7,1	0,4	0,3
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅	36,0	28,0	29,7	21,3	5,8	6,3	0,5	0,4
N ₂₁₆ P ₁₅₀ K ₁₃₅ + фон	37,0	31,0	30,1	23,2	6,4	7,4	0,5	0,4

уменьшился на 0,1%. Среднее значение ёмкости катионного обмена в пахотном и подпахотном слоях почвы осталось на уровне как перед закладкой опыта – 32,0 и 23,0 ммоль в 100 г почвы соответственно (табл. 4).

Значение обменного кальция в слое 0–30 см

повысилось на 0,1 ммоль, а в слое 30–60 см на 0,4 ммоль. Количество обменного магния в слое 0,30 см повысилось до 5,4 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см понизилось до 5,9 ммоль в 100 г почвы. Среднее значение обменного натрия в слое 0–30 см снизилось до 0,4 ммоль в 100 г почвы, а в

слое 30–60 см – до 0,3 ммоль. Количество подвижных форм P_2O_5 в слое 0–30 см увеличилось на 0,1 мг/100г почвы, в слое 30–60 см уменьшилось на 0,2 мг/100 г почвы. Содержание обменного калия снизилось на 0,4 мг в 100 г почвы в слое 0–30 см и на 0,2 мг – в слое 30–60 см.

Внесение 80 т/га полуперепревшего навоза способствовало увеличению содержания гумуса в слоях 0–30 см и 30–60 см на 0,3%. Уровень pH в слое 0–30 см повысился на 0,2, а в слое 30–60 см на 0,1. Ёмкость катионного обмена в слое 0–30 см увеличилась на 2,0 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 3,0 ммоль. Содержание обменного кальция в пахотном слое увеличилось на 1,6 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 2,7 ммоль. Количество обменного магния повысилось в слое 0,30 см на 0,6 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 0,6 ммоль. Это могло способствовать, как было отмечено выше (табл. 2), значительному увеличению содержания водопрочных агрегатов на этом уровне минерального питания. Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях понизилось на 0,3 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 0,5 мг на 100г почвы, в слое 30–60 см – на 0,4 мг. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 см на 1,1 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,7 мг.

В варианте с умеренной нормой минеральных удобрений ($N_{72}P_{50}K_{45}$) содержание гумуса в пахотном и подпахотном слоях уменьшилось на 0,1%. Уровень pH в слое 0–30 см понизился на 1,6, а в слое 30–60 см – на 1,8. Ёмкость катионного обмена в пахотном и подпахотном слоях увеличилась на 1,0 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного кальция в пахотном слое увеличилось на 1,4 ммоль в 100 г почвы, а в подпахотном – на 1,3 ммоль. Количество обменного магния в слое почвы 0–30 см увеличилось на 0,2 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см уменьшилось на 0,2 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях понизилось на 0,1 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 0,3 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,2 мг. Содержание обменного калия повысилось в слое 0–30 см на 0,3 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,4 мг.

Внесение $N_{72}P_{50}K_{45}$ и 80 т/га полуперепревшего навоза способствовало увеличению содержания гумуса в слое 0–30 см на 0,2%, в слое 30–60 см этот показатель остался на уровне как перед закладкой опыта – 2,8%. Уровень pH в слое 0–30 см снизился на 1,3, в слое 30–60 см – на 1,0. Ёмкость катионного обмена в слое 0–30 см увеличилась на 3,0 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 4,0 ммоль. Содержание обменного кальция в пахотном слое увеличилось на 2,5 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 3,6 ммоль.

Количество обменного магния повысилось

в слое 0–30 см на 0,8 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 0,7 ммоль. Здесь так же было отмечено значительное увеличение содержания водопрочных агрегатов, как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы (табл. 2). Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях понизилось как на варианте с внесением только 80 т/га навоза на 0,3 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 0,7 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,4 мг. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 см на 1,8 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,7 мг.

При внесении расчётной нормы минеральных удобрений $N_{144}P_{100}K_{90}$ содержание гумуса в пахотном слое почвы уменьшилось на 0,2%, в подпахотном – на 0,1%. Уровень pH в слое 0–30 см понизился на 1,9, в слое 30–60 см – на 2,4. Ёмкость катионного обмена в слое почвы 0–30 см увеличилась на 2,0 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 3,0 ммоль. Содержание обменного кальция в пахотном слое увеличилось на 1,9 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 3,3 ммоль. Количество обменного магния повысилось в слое 0–30 см на 0,3 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см уменьшилось на 0,1 ммоль. Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях уменьшилось на 0,2 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 0,9 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,5 мг. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 см на 2,7 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,9 мг.

При внесении $N_{144}P_{100}K_{90}$ и 80 т/га навоза содержание гумуса увеличилось в слое почвы 0–30 см на 0,3%, в слое почвы 30–60 см – на 0,2%. Уровень pH в слое почвы 0–30 см понизился на 1,7, в слое 30–60 см – на 2,1. Ёмкость катионного обмена в пахотном и подпахотном слоях увеличилась на 6,0 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного кальция в пахотном слое увеличилось на 5,3 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 5,2 ммоль. Количество обменного магния повысилось в слое 0–30 см на 0,9 ммоль в 100 г почвы, а в слое 30–60 см – на 1,0 ммоль. Содержание обменного натрия уменьшилось в пахотном слое на 0,2 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 0,3 ммоль. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 1,2 мг на 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,7 мг в 100 г почвы. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 на 3,2 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 1,2 мг.

Внесение максимальной расчётной дозы минеральных удобрений $N_{216}P_{150}K_{135}$ способствовало стабилизации содержания гумуса в пахотном и подпахотном слоях почвы на уровне как перед закладкой опыта – 3,6 и 2,8% соответственно. Уровень pH в слое почвы 0–30 см понизился на 2,2, в слое 30–60 см – на 2,5. Ёмкость катионного

обмена в пахотном слое почвы увеличилась на 4,0 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном слое – на 5,0 ммоль. Содержание обменного кальция в пахотном слое почвы увеличилось на 3,6 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 4,9 ммоль. Количество обменного магния повысилось в слое почвы 0–30 см на 0,5 ммоль в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,2 ммоль. Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях уменьшилось на 0,1 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 1,1 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,6 мг. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 см на 4,3 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 1,5 мг.

Внесение $N_{216}P_{150}K_{135}$ и 80 т/га полуперепревшего навоза способствовало увеличению содержания гумуса в слое 0–30 см на 0,2%, в слое 30–60 см – на 0,3%. Уровень рН в слое почвы 0–30 см понизился на 1,8, в слое 30–60 см – на 2,2. Ёмкость катионного обмена в пахотном слое почвы увеличилась на 5,0 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном – на 8,0 ммоль. Содержание обменного кальция в пахотном слое почвы увеличилось на 4,0 ммоль в 100 г почвы, в подпахотном слое – на 6,8 ммоль. Количество обменного магния повысилось в слое 0–30 см на 1,1 ммоль, в слое 30–60 см – на 1,3 ммоль. Содержание обменного натрия в пахотном и подпахотном слоях почвы уменьшилось на 0,1 ммоль в 100 г почвы. Количество подвижных форм P_2O_5 увеличилось в слое 0–30 см на 1,3 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 0,8 мг. Содержание обменного калия увеличилось в слое 0–30 см на 5,0 мг в 100 г почвы, в слое 30–60 см – на 2,0 мг.

Известно, что картофель хорошо переносит кислую реакцию почвы, оптимальное рН 5–6 [3]. При внесении высоких норм минеральных удобрений на фоне и без применения полуперепревшего навоза реакция почвенного раствора снижается в слое 0–30 см до уровня 5,3–6,2, в слое 30–60 см – 5,1–6,6.

Максимальная урожайность картофеля – 72,3 т/га получена при внесении 80 т/га полуперепревшего навоза и полного минерального удобрения

5. Урожайность картофеля, т/га, в зависимости от уровня минерального питания и глубины основной обработки почвы при режиме орошения 70–75% НВ (среднее за 2008–2016 гг.)

Расчётная норма удобрений, кгд.в./га	Глубина основной обработки почвы, см		
	17–20	22–25	27–30
Без удобрений	11,2	17,3	24,3
Навоз, 80 т/га – фон	19,3	21,2	27,6
$N_{72}P_{50}K_{45}$	14,6	18,7	26,8
$N_{72}P_{50}K_{45}$ + фон	17,5	26,7	31,7
$N_{144}P_{100}K_{90}$	24,7	35,9	42,2
$N_{144}P_{100}K_{90}$ + фон	34,3	46,4	51,4
$N_{216}P_{150}K_{135}$	42,8	55,2	63,5
$N_{216}P_{150}K_{135}$ + фон	51,3	64,7	72,3

$N_{216}P_{150}K_{135}$. При этом уровень предполивной влажности не опускался ниже 70–75% НВ, основная обработка почвы проведена на глубину 27–30 см (табл. 5)

Вывод. На основании проведённых исследований доказано, что европейская технология (Гримме) позволяет при орошении на чернозёмах южных получать урожайность клубней картофеля 70–75 т/га при оптимизации структурно-агрегатного состава и эффективного плодородия почвы внесением органических и минеральных удобрений под углублённую отвальную обработку.

Литература

1. Тараканов Г.И., Мухин В.Д. Овощеводство: учебник / 2-е изд., перераб. и доп. М.: КолосС, 2003. 472 с.
2. Панов Н.П., Мамонтов В.Г. Почвенные процессы в орошаемых чернозёмах и каштановых почвах и пути предотвращения их деградации. М.: Россельхозакадемия, 2001. 253 с.
3. Сатункин И.В., Гуляев А.И., Дерябин С.Н. Влияние удобрений и глубины основной обработки на структурно-агрегатный состав чернозёма южного под сахарной свёклой при орошении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (39). С. 23–25.
4. Сатункин И.В., Васильев И.В., Ванькова М.О. Влияние расчётных норм минеральных удобрений на эффективное плодородие чернозёма южного при капельном орошении лука репчатого // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 34–36.
5. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1990. 486 с.
6. Гуляев А.И. Мелиорация в Оренбургской области, современное состояние и пути её развития / А.И. Гуляев, И.В. Сатункин, Г.В. Соболин, А.А. Прядкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (21). С. 42–45.