

Влияние обработки почвы, удобрений и поверхности почвы на структурно-агрегатный состав и эффективное плодородие столовой моркови при капельном орошении

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

Среди столовых корнеплодов морковь занимает первое место по вкусовым качествам, количеству витаминов, сахаров, солей кальция, фосфора и других полезных питательных веществ [1].

Почва для моркови должна быть нейтральной или слабокислой, лёгкого гранулометрического состава [1].

Оптимальная реакция почвенной среды для моркови, свёклы, петрушки, пастернака и сельдерея близка к нейтральной, и растения резко снижают урожайность даже при небольшом увеличении кислотности почвы [2].

Под поглотительной способностью почвы К.К. Гедройц понимал способность её задерживать вещества, соприкасающиеся с её твёрдой фазой через циркулирующие в ней воды [3]. Большая часть ёмкости поглощения чернозёмных почв, как правило, занята кальцием (30–40 мэкв) и магнием (5–10 мэкв). В поглощающем комплексе солонцовых и засоленных почв (солонцах, солончаках) кроме кальция и магния содержатся катионы натрия, а подзолистых и латеритных – ионы алюминия и водорода.

Состав поглощённых катионов оказывает на свойства почвы определённое влияние: 1. Вследствие обратимости реакции обмена катионов почва обладает способностью регулировать состав почвенного раствора (КСI на чернозёме вытесняет Са, а на кислых почвах – Al и H). Состав поглощённых катионов может оказать существенное влияние на действие удобрений. 2. Состав поглощённых катионов влияет на состояние самого поглощающего комплекса (кальций и магний увеличивают ёмкость поглощения, улучшают физические свойства почвы, натрий ухудшает их). Реакция почвенного раствора разных почв зависит от состава поглощённых катионов и наличия в почве карбонатов. При преобладании в поглощающем комплексе катионов кальция или присутствии карбонатов кальция и магния (карбонатные почвы, многие чернозёмы) реакция регулируется главным образом присутствием в почвенном растворе бикарбоната кальция; рН таких почв колеблется в пределах 7–8 [3].

При определении доз минеральных удобрений под корнеплоды необходимо учитывать разное отношение их к концентрации почвенного раствора. Свёкла способна формировать хороший урожай при высокой концентрации минеральных солей в почве, в то время как морковь обладает наибольшей

чувствительностью к повышенным концентрациям почвенного раствора, и дозы удобрений под морковь должны быть меньше, чем под свёклу [2, 4–7].

В зависимости от зоны возделывания корнеплодов поверхность почвы может быть ровной, в форме гряд или гребней. Ровная поверхность необходима в южных засушливых районах. Направляющую борозду применяют во всех районах возделывания корнеплодов, агромелиоративную гряду используют в средней и северо-западной зонах товарного овощеводства. Гребневая поверхность способствует созданию наиболее благоприятных условий произрастания в зонах с достаточным увлажнением. Однако получение хороших всходов моркови и других корнеплодных культур на гребнях затруднено из-за сильного пересыхания почвы. Наиболее целесообразно применение гребневой поверхности почвы только при гарантированной стационарной системе орошения [2, 8].

Сохранению и улучшению структуры может способствовать правильная и своевременная обработка почвы. Установлено, что при обработке оптимально увлажнённой почвы образуются агрегаты с пористостью, характерной для природной [2, 3]. При обработке сухой или переувлажнённой почвы, наоборот, структура разрушается и тем больше, чем больше отклоняется влажность от оптимальной. На старопахотных расплывённых чернозёмах подпахотный слой часто структурнее пахотного. В таких условиях может быть эффективна глубокая вспашка с вынесением наверх крупки (зернистой структуры) подпахотного слоя [9].

Сохранению структуры может способствовать 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) [10].

Нами было проведено два опыта. **Цель опыта № 1** – выявить оптимальный по структурно-агрегатному составу и водопрочности почвенных агрегатов способ основной обработки чернозёма южного на ровной поверхности почвы при различных уровнях минерального питания в условиях капельного орошения столовой моркови. **Цель опыта № 2** – выявить влияние расчётных норм минеральных удобрений на показатели эффективного плодородия чернозёма южного под столовой морковью на гребнях при капельном орошении.

Материал и методы исследования. Полевой эксперимент № 1 проводили в 2011–2016 гг. на

Городищенской оросительной системе. Полив осуществляли системой капельного орошения, которая состоит из подводящего бетонного распределительного водоканала, насосной станции, (мотор IVECO 175 л.с., насос коаксиальный многорядный CAPRARI 223 м³, топливный бак – 760 л), напорного водопровода, фильтров грубой (гравийно-песчаной) и тонкой (дисковой) очистки, регулятора давления, гибкого распределительного трубопровода, восьми гребёнок длиной по 50 м, к каждой из которых подключены 200 увлажнителей с капельницами. На вводе в каждую гребёнку имеется своя запорно-регулирующая арматура. Увлажнители укладываются на поверхности почвы вдоль каждого ряда растений через 0,25 м (строчная посадка). Диаметр увлажнителей – 16 мм, длина – 50 м. Капельницы вмонтированы в увлажнители при заводском изготовлении и расположены через каждые 0,2 м, интегральные, нерегулируемые, т. е. их конструкция не позволяет автоматически или вручную регулировать заданный расход воды, который полностью регламентируется давлением в поливной сети. Распределительный трубопровод и гребёнки расположены на поверхности почвы [11]. Почва – чернозём южный карбонатный тяжелосуглинистый. Исследование проводили при различных способах основной обработки почвы: отвальная вспашка на глубину 27–30 см, плоскорезная обработка на 27–30 см, глубокое безотвальное рыхление на 27–30 см при ровной поверхности почвы в зависимости от расчётных норм минеральных удобрений (без удобрений; N₆₃P₅₇K₅₃; N₁₂₆P₁₁₃K₁₀₅).

Осенью вносили основную дозу фосфорных и всю норму калийных удобрений разбрасывателем минеральных удобрений фирмы «Амазоне», серия ZA-M900. Основную обработку почвы по вариантам

опыта проводили: отвальная вспашка на глубину 27–30 см плугом ПЛН-8-35 в агрегате с трактором К-701, плоскорезная обработка на 27–30 см культиватором-плоскорезом-глубококорыхлителем КПП-2-150 в агрегате с трактором К-701, глубокое безотвальное рыхление на 27–30 см глубококорыхлителем Gaspardo Artiglio в агрегате с трактором К-701. Весной, после покровного боронования, вносили основную дозу азотных удобрений и остаток фосфорных удобрений разбрасывателем ZA-M900. Предпосевное рыхление и выравнивание осуществляли вертикально-фрезерным культиватором Grimme YF 75–4/99–4 на глубину 12–15 см. Посев проводили пневматической сеялкой точного высева для овощных культур Gaspardo Orietta при одновременной укладке увлажнителей ленторазматывающим устройством, установленным на раме сеялки. Вегетационные поливы проводили системой капельного орошения. Удаление ботвы проводили ботвоудалителем «Семон». Корнеплоды столовой моркови убирали однорядным картофелеуборочным комбайном Grimme SE75-40UB.

Полевой эксперимент № 2 проводили в 2017 г. на том же опытном поле, почва которого представлена чернозёмом южным карбонатным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,9%. Реакция среды слабощелочная – pH – 7,7, содержание подвижного фосфора – 2,8 мг на 100 г почвы, обменного калия – 29,3 мг на 100 г почвы. Полевой эксперимент № 2 также осуществляли при различных расчётных нормах удобрения (без удобрений; N₆₃P₅₇K₅₃; N₁₂₆P₁₁₃K₁₀₅).

Результаты опыта № 1. Способ основной обработки почвы неодинаково влияет на структурно-агрегатный состав пахотного и подпахотного слоёв чернозёма южного (табл. 1)

Количество агрономически ценных частиц раз-

1. Влияние способа основной обработки на структурно- агрегатный состав чернозёма южного, % (среднее за 2011–20016 гг.)

Способ основной обработки почвы	Слой почвы, см	Размер частиц (мм) в % на воздушно-сухую почву			Коэффициент структурности
		> 10	10–0,25	< 0,25	
Вспашка на 27–30 см	0–10	24,5	65,3	10,2	1,88
	10–20	25,3	65,1	9,6	1,87
	20–30	24,4	65,8	9,8	1,92
	0–30	24,7	65,4	9,9	1,89
	30–40	28,5	63,6	7,9	1,75
Плоскорезная обработка на 27–30 см	0–10	30,8	59,4	9,8	1,46
	10–20	30,0	59,2	10,8	1,45
	20–30	31,1	58,4	10,5	1,40
	0–30	30,6	59,0	10,4	1,44
	30–40	29,2	63,3	7,5	1,73
Глубокое безотвальное рыхление на 27–30 см	0–10	19,7	67,2	13,1	2,05
	10–20	19,5	66,7	13,8	2,00
	20–30	18,9	67,5	13,6	2,08
	0–30	19,6	67,1	13,3	2,04
	30–40	28,5	63,8	7,7	1,76

мером 10–0,25 мм в почве на делянках, обработанных по системе обычной вспашки на 27–30 см (контрольный вариант) в слое 0–30 см, составляло 65,4%. Плоскорезная обработка на эту же глубину значительно снижала процентное содержание вышеуказанных агрегатов – на 6,4%. Здесь в слое 0–10 см их содержалось 59,4%, а в слое 0–30 см – 59,0%. Глубокое безотвальное рыхление на глубину 27–30 см обусловило увеличение количества агрономически ценных агрегатов в слое 0–30 см (67,1%). При этом увеличилось количество агрегатов размером менее 0,25 мм (13,3%).

Количество агрономически ценных агрегатов в подпахотном слое 30–40 см было практически одинаковым: на варианте отвальная вспашка – 63,6%, плоскорезная обработка – 63,3%, глубокое безотвальное рыхление – 63,8%.

Коэффициент структурности чернозёма южного по вариантам опыта варьировал от 1,40 при плоскорезной обработке на глубину 27–30 см (в слое 20–30 см) до 2,08 на варианте глубокого безотвального рыхления на глубину 27–30 см (в слое 20–30 см).

Согласно шкале по содержанию агрономически ценных агрегатов, варианты основной обработки чернозёма южного – вспашка и глубокое безотвальное рыхление обеспечили хорошее структурно-агрегатное состояние, а плоскорезное рыхление поддерживало этот показатель в удовлетворительном состоянии [12].

Полевое испытание и лабораторное исследование по изучению влияния расчётных норм минеральных удобрений при различных способах основной обработки почвы показали, что они существенно изменяют водопрочность почвенных агрегатов (табл. 2).

При внесении расчётной нормы минеральных удобрений N₆₃P₅₇K₅₃ под отвальную вспашку количество водопрочных агрегатов во фракции почвы > 0,25 мм в слое 0–20 см уменьшилось на 1,2%, а в слое 20–40 см увеличилось на 1,4%. Внесение N₁₂₆P₁₁₃K₁₀₅ снизило содержание водопрочных агрегатов во фракции почвы > 0,25 мм в слое 0–20 см на 1,2%, а в слое 20–40 см количество водопрочных агрегатов во фракции почвы > 0,25 мм было на уровне варианта без применения удобрений – 58,7%.

Плоскорезная обработка на глубину 27–30 см на неудобренном варианте способствовала увеличению количества водопрочных агрегатов фракции почвы > 0,25 мм в слое 0–20 см на 1,0%, а в слое 20–40 см – уменьшению их количества на 2,0%. Применение N₆₃P₅₇K₅₃ на этом же варианте способа обработки почвы способствовало увеличению количества водопрочных агрегатов размером > 0,25 мм по сравнению с вариантом отвальная вспашка на 2,9% в слое 0–20 см, а в слое 20–40 см их содержание уменьшилось на 2,7%. Увеличение расчётной нормы минеральных удобрений до N₁₂₆P₁₁₃K₁₀₅ при плоскорезной обработке способствовало увеличению количества водопрочных агрегатов фракции > 0,25 мм по сравнению с отвальной вспашкой на 4,1% в слое 0–20 см, а в слое 20–40 см их содержание увеличилось на 1,1%.

Глубокое безотвальное рыхление на глубину 27–30 см на варианте без применения удобрений по сравнению с отвальной вспашкой не оказало существенного влияния на содержание водопрочных агрегатов размером > 0,25 мм в слое 0–20 см (62,7%), а в слое 20–40 см их содержание снизилось на 1,4%. Внесение N₆₃P₅₇K₅₃ при глубоком безотвальном рыхлении на 27–30 см повысило содер-

2. Водопрочность почвенных агрегатов по вариантам опыта (среднее за 2011–2016 гг.)

Вариант		Содержание водопрочных агрегатов, %					
Способ основной обработки почвы	Расчётная норма удобрений, кг д. в/га	5–3	3–1	1–0,5	0,5– 0,25	< 0,25	> 0,25
Вспашка на 27–30 см	Без удобрений	<u>2,9</u> 3,6	<u>10,5</u> 24,4	<u>33,9</u> 17,8	<u>15,1</u> 12,7	<u>37,6</u> 41,5	<u>62,4</u> 58,5
	N ₆₃ P ₅₇ K ₅₃	<u>3,2</u> 3,4	<u>9,8</u> 25,1	<u>33,5</u> 18,3	<u>14,7</u> 13,1	<u>38,8</u> 40,1	<u>61,2</u> 59,9
	N ₁₂₆ P ₁₁₃ K ₁₀₅	<u>3,0</u> 3,3	<u>9,5</u> 24,6	<u>32,4</u> 17,9	<u>14,5</u> 12,9	<u>40,6</u> 41,3	<u>59,4</u> 58,7
Плоскорезная обработка на 27–30 см	Без удобрений	<u>3,3</u> 3,2	<u>10,8</u> 23,8	<u>34,1</u> 17,3	<u>15,2</u> 12,2	<u>36,6</u> 43,5	<u>63,4</u> 56,5
	N ₆₃ P ₅₇ K ₅₃	<u>3,4</u> 3,3	<u>11,1</u> 24,0	<u>34,2</u> 17,5	<u>15,4</u> 12,4	<u>35,9</u> 42,8	<u>64,1</u> 57,2
	N ₁₂₆ P ₁₁₃ K ₁₀₅	<u>3,3</u> 3,1	<u>10,9</u> 24,3	<u>34,0</u> 17,7	<u>15,3</u> 12,5	<u>36,5</u> 42,4	<u>63,5</u> 57,6
Глубокое безотвальное рыхление на 27–30 см	Без удобрений	<u>3,1</u> 3,3	<u>10,6</u> 24,1	<u>33,9</u> 17,4	<u>15,1</u> 12,3	<u>37,3</u> 42,9	<u>62,7</u> 57,1
	N ₆₃ P ₅₇ K ₅₃	<u>3,2</u> 3,1	<u>10,7</u> 24,5	<u>34,3</u> 17,6	<u>15,3</u> 12,6	<u>36,5</u> 42,2	<u>63,5</u> 57,8
	N ₁₂₆ P ₁₁₃ K ₁₀₅	<u>3,4</u> 3,3	<u>10,8</u> 24,8	<u>34,4</u> 17,9	<u>15,4</u> 12,8	<u>36,0</u> 41,2	<u>64,0</u> 58,8

жание водопрочных агрегатов фракции > 0,25 мм в слое 0–20 см по сравнению с отвальной вспашкой на эту же глубину на 2,3%, а в слое 20–40 см их стало меньше на 2,1%. Применение расчётной нормы минеральных удобрений N₁₂₆P₁₁₃K₁₀₅ на этом же варианте способа обработки почвы увеличило содержание водопрочных агрегатов размером > 0,25 мм в слое почвы 0–20 см на 4,6%, а в слое 20–40 см их содержание соответствовало контрольному варианту (отвальная вспашка 27–30 см) и составило 58,8%.

Таким образом, применение расчётных норм минеральных удобрений под отвальную вспашку, плоскорезную обработку и глубокое безотвальное рыхление на глубину 27–30 см при ровной поверхности почвы существенно влияет на содержание водопрочных агрегатов в пахотном и подпахотном слоях почвы.

Осенью проводили внесение фосфорных и калийных удобрений разбрасывателем минеральных удобрений фирмы «Амазоне», серии ZA-M900. Основная обработка почвы включала вспашку на глубину 22–25 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. Формирование гребней осуществляли гребнеобразователем навесным GF-75-4. Посев в гребни осуществляли пневматической сеялкой точного высева для овощных культур MaterMass MSO ML MLP с междурядьем 75 см при одновременной укладке увлажнителей ленторазматывающим устройством, установленным на раме сеялки. Вегетационные поливы проводили системой капельного орошения, которая состоит из подводящего бетонного распределительного водоканала, насосной станции, (мотор IVECO 175 л.с., насос коаксиальный многорядный CAPRARI 223 м³, топливный бак – 760 л), напорного водопровода, фильтров грубой (гравийно-песчаной) и тонкой (дисковой) очистки, регулятора давления, гибкого

распределительного трубопровода, восьми гребёнок длиной по 50 м, к каждой из которых подключены 200 увлажнителей с капельницами. На вводе в каждую гребёнку имеется своя запорно-регулирующая арматура. Увлажнители укладываются на поверхности гребня между двумя рядами растений через 0,75 м (двухстрочный посев). Диаметр увлажнителей – 16 мм, длина – 50 м. Капельницы вмонтированы в увлажнители при заводском изготовлении и расположены через каждые 0,2 м, интегральные, нерегулируемые, т.е. их конструкция не позволяет автоматически или вручную регулировать заданный расход воды, который полностью регламентируется давлением в поливной сети. Распределительный трубопровод и гребёнки расположены на поверхности почвы [11]. Удаление ботвы проводили ботвоудалителем «Семон». Корнеплоды столовой моркови убирали однорядным картофелеуборочным комбайном Grimme SE75-40UB.

Результаты опыта № 2. Установлено, что применение расчётных норм минеральных удобрений под столовую морковь сопровождалось определённым их влиянием на показатели эффективного плодородия чернозёма южного. Так, в период уборки на контрольном варианте без применения удобрений содержание гумуса в слое 0–30 см уменьшилось на 0,5%, показатель рН повысился на 0,2 (табл. 3). Среднее значение ёмкости катионного обмена понизилось на 4,0 ммоль в 100 г почвы. Количество обменного кальция снизилось на 3,1 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного магния понизилось на 0,8 ммоль в 100 г почвы. Среднее значение обменного натрия снизилось на 0,07 ммоль. Количество подвижных форм P₂O₅ уменьшилось на 1,2 мг на 100 г почвы. Содержание обменного калия снизилось на 2,2 мг на 100 г почвы.

На варианте с умеренной нормой минеральных удобрений N₆₃P₅₇K₅₃ количество гумуса уменьшилось на 0,3%. Уровень рН понизился на 0,3. Ёмкость катионного обмена уменьшилась на

3. Влияние расчётных норм минеральных удобрений на элементы плодородия чернозёма южного под столовой морковью в слое 0–30 см при капельном орошении в 2017 г.

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)	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
перед закладкой опыта								
Без удобрений	3,9	7,7	2,8	29,3	39,0	31,2	7,4	0,41
N ₆₃ P ₅₇ K ₅₃	3,9	7,7	2,8	29,3	39,0	31,2	7,4	0,41
N ₁₂₆ P ₁₁₃ K ₁₀₅	3,9	7,7	2,8	29,3	39,0	31,2	7,4	0,41
после уборки								
Без удобрений	3,4	7,9	1,6	27,1	35,0	28,1	6,6	0,34
N ₆₃ P ₅₇ K ₅₃	3,6	7,4	1,7	28,5	36,0	28,8	6,9	0,32
N ₁₂₆ P ₁₁₃ K ₁₀₅	3,3	7,2	2,1	32,3	33,0	26,3	6,4	0,28

3,0 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного кальция снизилось на 2,4 ммоль в 100 г почвы. Количество обменного магния снизилось на 0,5 ммоль в 100 г почвы. Значение обменного натрия уменьшилось на 0,09 ммоль в 100 г почвы. Содержание P_2O_5 уменьшилось на 1,1 мг на 100 г почвы. Содержание K_2O снизилось на 0,8 мг на 100 г почвы.

На варианте с повышенной нормой минеральных удобрений $N_{126}P_{113}K_{105}$ содержание гумуса уменьшилось на 0,6%. При этом рН понизился на 0,5. Ёмкость катионного обмена в слое 0–30 см уменьшилась на 6,0 ммоль в 100 г почвы. Количество обменного кальция сократилось на 4,9 ммоль в 100 г почвы. Количество обменного магния уменьшилось на 1,0 ммоль в 100 г почвы. Содержание обменного натрия понизилось на 0,13 ммоль в 100 г почвы. Содержание P_2O_5 понизилось на 0,7 мг на 100 г почвы. Содержание K_2O увеличилось на 3,0 мг на 100 г почвы.

Таким образом, внесение расчётных норм минеральных удобрений способствует не только получению планируемых урожаев, но и поддержанию показателей эффективного плодородия чернозёма южного на оптимальном уровне.

Вывод. В результате исследования было выявлено, что агротехнические приёмы – отвальная вспашка, плоскорезная обработка, глубокое безотвальное рыхление при внесении расчётных норм минеральных удобрений под столовую морковь на ровной поверхности и гребнях в условиях

капельного орошения способствуют увеличению водопрочности почвенных агрегатов в пахотном и подпахотном слоях почвы.

Литература

1. Лысогоров С.Д., Ушкаренко В.А. Орошаемое земледелие: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1995. 447 с.
2. Тараканов Г.И., Мухин В.Д. Овощеводство: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: КолосС, 2003. 472 с.
3. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1990. 486 с.
4. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Мартынова А.А. Минеральное питание – важный резерв повышения продуктивности посевов моркови при орошении // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 7. С. 24–27.
5. Жидков В.М., Губина Л.В. Оптимальные водный и пищевой режимы выращивания моркови при капельном орошении // Картофель и овощи. 2012. № 1. С. 9–10.
6. Зволинский В.П., Шершнева А.А. Урожайность моркови в зависимости от уровня минерального питания // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2013. № 1 (29). С. 1–3.
7. Овчинников А.С., Лисиченко С.А. Влияние способов обработки и водного режима почвы на урожайность моркови при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2014. № 3 (35). С. 1–6.
8. Исмагилов Р.Р., Ахияров Б.Г., Юсупов А.Ш. Прогрессивная технология возделывания моркови в КФХ «Агли» Чишминского района Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3. С. 62.
9. Ревут И.Б. Физика почв. 2-е изд., доп. и перераб. Л.: Колос, 1972. 368 с.
10. Макарычев С.В., Березовская К.В. Особенности формирования почвенно-физических условий при орошении моркови // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 58–62.
11. 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. С. 42–45.
12. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос, 2000. 416 с.