

## Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на физические и химические свойства чернозёма обыкновенного Центрального Предкавказья

*Р.С. Стукалов, к.с.-х.н., В.К. Дридигер, д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ Ставропольский НИИСХ*

В настоящее время в Ставропольском крае в целях снижения затрат на получение растениеводческой продукции при возделывания полевых культур, в том числе и озимой пшеницы, многие сельхозтоваропроизводители начинают внедрять ресурсосберегающие технологии [1]. Одной из таких является технология без обработки почвы или технология No-till [2, 3], которая полностью исключает такие энергоёмкие технологические элементы, как основная и промежуточная обработки почв, а удобрения вносятся поверхностно или только при посеве специальными сеялками [2]. Однако это может привести к уплотнению почвы и нехватке элементов питания растениям, что в конечном итоге отрицательно скажется на урожайности культуры.

В связи с этим целью нашего исследования являлось установить влияние традиционной технологии и технологии без обработки почвы, а также рекомендованной и расчётной доз внесения минеральных удобрений на агрофизические и химические свойства чернозёма обыкновенного, а также на урожайность растений озимой пшеницы.

**Материал и методы исследования.** Полевое исследование проводили в 2012–2016 гг. на опытном поле Ставропольского НИИ сельского хозяйства, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Среднегодовое количество осадков здесь составляет 540–570 мм, сумма эффективных температур – 3000–3200°C, ГТК = 0,9–1,1. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднемощный слабогумусированный тяжёлоуглинистый.

В годы исследования метеорологические условия были характерными для зоны неустойчивого увлажнения. Условия по наличию осадков и температурному режиму более благоприятные были в (2013/2014) сельскохозяйственном году. Несмотря на то что 2014/15 г. был самый засушливый, но на момент посева сложились более благоприятные условия по увлажнению почвы и температурному режиму, чем в 2012/13 и 2015/16 гг., которые отличались сильной засухой осенью в период оптимальных сроков сева озимой пшеницы.

Исследование проводили в многолетнем стационарном опыте. Озимая пшеница сорта Виктория одесская возделывается в севообороте: соя – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза, который развёрнут всеми полями в пространстве. Делянки в опыте размещены в два яруса. Первый ярус – традиционная технология, второй – технология без

обработки почвы. Повторность опыта трёхкратная, площадь делянки 300 м<sup>2</sup>, учётная 90 м<sup>2</sup>.

В опыте изучали три дозы внесения минеральных удобрений: рекомендованная научными учреждениями региона (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) и расчётная (N<sub>160</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>) – из расчёта получения 6,0 т/га зерна, на контроле удобрения не вносили. Удобрения вносили по традиционной технологии под предпосевную культивацию и с посевом сеялкой СЗ-3,6. По технологии без обработки почвы удобрения разбрасывали по растительным остаткам сои и сеялкой Gimetal 17/20. Уход за посевами в течение вегетации по обеим технологиям был одинаковым.

Учёты и наблюдения, а также агрофизические показатели почвы определяли по методикам, предложенным Б.А. Доспеховым [4], подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину в 1-процентной углеаммонийной вытяжке, нитратный азот – по Грандваль – Ляжу [5].

**Результаты исследования.** В наших опытах перед посевом озимой пшеницы по технологии без обработки почвы на поверхности поля находились растительные остатки непосредственно предшествующей культуры (соя), а также других культур севооборота, и на 4-й год исследования их масса составляла 3,38 т/га. По традиционной технологии после проведения основной обработки почвы (двукратное лущение на глубину 10–12 см) на поверхности поля тоже находились растительные остатки, их количество составляло 0,55 т/га, или в 6 раз меньше.

Роль растительных остатков в технологии без обработки почвы немаловажна, ведь они защищают почву от непроизводительных потерь влаги, отражая солнечные лучи и снижая скорость ветра в приземном слое. По традиционной технологии в результате проведения основной обработки почвы и предпосевной культивации происходит потеря почвенной влаги, что мы и наблюдали в наших опытах. Так, после уборки сои содержание влаги по обеим технологиям было практически одинаковым – 18,3 мм по традиционной и 18,1 мм по технологии без обработки почвы (табл. 1).

После проведения обработок почвы по традиционной технологии отмечалось снижение содержания в слое почвы 0–20 см до 11,9 мм, или на 6,5 мм (35,3%). В большей степени продуктивная влага снизилась в посевном слое почвы (0–10 см) – с 9,3 до 4,4 мм, или в 2,1 раза. Связано это с интенсивным испарением влаги не только с поверхности, но и со всего обработанного слоя почвы. По технологии без обработки почвы также наблюдались потери доступной влаги за счёт физического испарения с поверхности поля, но

1. Влияние обработки почвы на содержание продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы (среднее за 2012–2015 гг.)

Технология	Слой почвы, см	До обработки почвы, мм	После обработки почвы, мм	Снижение продуктивной влаги	
				мм	%
Традиционная	0 – 10	9,3	4,9	4,4	47,4
	10 – 20	9,1	7,0	2,1	22,9
	0 – 20	18,3	11,9	6,5	35,3
No-till	0 – 10	9,3	7,8	1,5	15,9
	10 – 20	8,8	8,2	0,7	7,4
	0 – 20	18,1	16,0	2,1	11,7
Разница, +/-	0 – 10	0,0	-3,0	2,9	31,6
	10 – 20	0,3	-1,2	1,4	15,5
	0 – 20	0,2	-4,1	4,4	23,6

они были значительно ниже и к моменту посева составляли 1,5 мм, или 15,9%, в слое почвы 0–10 см, в слое почвы 10–20 см – 0,7 мм, или 7,4%. Таким образом, после проведения основной и предпосевной обработок почвы разница по снижению продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см между технологиями составляла 23,6%, что в дальнейшем оказало существенное влияние на период и полноту появления всходов озимой пшеницы.

В свою очередь непроизводительные потери влаги с открытой поверхности поля после обработки почвы оказали влияние и на её содержание в метровом слое, где во все годы исследования преимущество наблюдалось по технологии без обработки почвы. Так, в среднем количество продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см по традиционной технологии составляло 67 мм, а по технологии No-till – 75 мм, что достоверно больше на 8 мм, или на 11,9% (табл. 2).

По годам исследования на содержание количества продуктивной влаги в метровом слое почвы существенное влияние оказали выпадающие осадки, но их достоверное преимущество наблюдалось при возделывании по технологии без обработки почвы.

За осенне-зимний период содержание влаги увеличилось по обеим технологиям. Но при этом если перед уходом в зиму её количество по традиционной технологии составляло 99, а без обработки почвы – 114 мм, то весной при возобновлении вегетации её содержание увеличилось до 136 и 158 мм соответственно, что было на 16,2% больше в пользу технологии без обработки почвы. Большее накопление продуктивной влаги при технологии No-till в зимний период происходит за счёт лучшего задержания снега растительными остатками, оставшимися на поверхности поля. Снег, покрывая всю поверхность почвы, тает медленнее, а появившаяся влага проникает в почву и накапливается в нижних её горизонтах. Поэтому при общем уменьшении запасов продуктивной влаги более чем в 1,5 раза, в фазу колошения её было на 31,9% больше по технологии без обработки почвы, чем по традиционной.

В фазе полной спелости количество продуктивной влаги становится практически одинаковым

по обеим технологиям – 84 мм по традиционной технологии против 88 мм по технологии без обработки почвы. Т.е. растения озимой пшеницы, возделываемые по технологии No-till, накопленную в фазе колошения влагу использовали для формирования урожая.

Основная и предпосевная обработки почвы по традиционной технологии возделывания повлияли не только на содержание влаги, но и на плотность сложения верхнего 10-метрового слоя почвы. Так, плотность слоя почвы 0–10 см к моменту посева по традиционной технологии составляла всего 1,02 г/см<sup>3</sup>, что было существенно ниже, чем на делянках без обработки почвы (табл. 3).

По мнению Б.И. Тарасенко, такая почва является рыхлой и приводит к излишним потерям влаги за счёт физического испарения [6]. Нижележащий слой почвы (10–20 см) перед посевом имел оптимальную плотность – 1,18 г/см<sup>3</sup>, а подпахотный (20–30 см) имел плотное сложение – 1,28 г/см<sup>3</sup>. При возделывании озимой пшеницы по технологии No-till плотность почвы в верхнем слое перед посевом была плотнее, но имела оптимальное значение – 1,20 г/см<sup>3</sup>. Нижележащие слои 10–20 и 20–30 см также имели оптимальную плотность – 1,20 и 1,25 г/см<sup>3</sup> перед посевом.

В годы исследования плотность сложения почвы по обеим технологиям зависела от особенностей режима увлажнения. При наступлении атмосферной и почвенной засух в 2012 и 2015 гг. наблюдалось уплотнение пахотного и подпахотного горизонтов. При посеве в 2013 г., когда выпало 111 мм осадков, что больше 2,5 климатических норм, плотность верхнего слоя 0–10 см по традиционной технологии составила 0,90 г/см<sup>3</sup>, а нижележащих слоёв – 1,03 и 1,13 г/см<sup>3</sup> соответственно, по технологии No-till плотность в соответствующих слоях составила – 1,13; 1,07 и 1,17 г/см<sup>3</sup>. Т.е. при хорошем режиме увлажнения почва не переуплотняется и находится в оптимальных значениях.

После выхода из зимы по обеим технологиям произошло небольшое уплотнение во всех слоях почвы: от 0,01 до 0,04 г/см<sup>3</sup> по традиционной и от 0,02 до 0,05 г/см<sup>3</sup> по технологии No-till. Так, средняя плотность слоя 0–30 см по традиционной

технологии составляла 1,14, а без обработки – 1,17 г/см<sup>3</sup>, или на 0,04 г/см<sup>3</sup> (3,5%) больше. В фазе колошения озимой пшеницы весь 30-сантиметровый слой почвы ещё больше уплотнился – до 1,22 по традиционной и 1,23 г/см<sup>3</sup> по технологии No-till. В большей степени уплотнение произошло в верхних слоях почвы 0–10 и 10–20 см – на 0,11 г/см<sup>3</sup> по традиционной технологии и на 0,06 г/см<sup>3</sup> по технологии без обработки, или на 0,05 г/см<sup>3</sup> меньше. Но во всех случаях плотность почвы находилась в пределах оптимальных значений для произрастания озимой пшеницы на чернозёме [7].

На момент уборки по традиционной технологии в верхнем 10-сантиметровом слое почвы произошло снижение плотности до 1,09, или на 0,02 г/см<sup>3</sup>, плотность всего слоя 0–30 см составила 1,21 г/см<sup>3</sup>. По технологии No-till весь 30-сантиметровый слой стал плотнее – 1,24 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения при этом составила от 1,17 г/см<sup>3</sup> в верхнем 10-сантиметровом слое до 1,30 г/см<sup>3</sup> в слое почвы 20–30 см,

что было на 0,08 и 0,01 г/см<sup>3</sup> больше, чем при традиционной технологии в этих же горизонтах.

На плотность почвы повлияло и наличие дождевых червей, причём по обеим технологиям возделывания их количество и масса увеличивались в динамике по годам исследования. Преимущество было за технологией No-till, где количество дождевых червей составляло 21 шт/м<sup>2</sup> при живой массе 6,1 г/м<sup>2</sup>, по традиционной технологии – 14 шт/м<sup>2</sup> и 3,1 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, при возделывании озимой пшеницы по технологии без обработки почва не подвергается переуплотнению и находится в оптимальных значениях для чернозёмных почв в течение всей вегетации озимой пшеницы, а некоторое переуплотнение по годам исследования носило сезонный характер в связи с атмосферной засухой.

В 2012–2015 гг. технологии возделывания озимой пшеницы не оказали существенного влияния на

2. Содержание продуктивной влаги перед посевом в метровом слое почвы в зависимости от технологии возделывания, мм

Технология	Год				Среднее
	2012	2013	2014	2015	
Традиционная	45	123	71	28	67
No-till	53	131	83	31	75
Увеличение: мм	8	8	12	3	8
%	17,8	6,5	16,9	10,7	11,9
НСР <sub>05</sub>	2,7	7,0	4,2	1,6	3,9

3. Плотность почвы перед посевом озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, г/см<sup>3</sup>

Технология	Слой почвы, см	Год				Среднее
		2012	2013	2014	2015	
Традиционная	0–10	1,06	0,89	0,99	1,12	1,02
	10–20	1,24	1,03	1,15	1,31	1,18
	20–30	1,24	1,13	1,26	1,50	1,28
No-till	0–10	1,30	1,13	1,13	1,25	1,20
	10–20	1,20	1,07	1,17	1,35	1,20
	20–30	1,19	1,17	1,19	1,43	1,25
НСР <sub>05</sub>		0,07	0,06	0,06	0,07	0,07

4. Содержание подвижного фосфора в почве в посевах озимой пшеницы в зависимости от технологии и удобрений, мг/кг, 2012–2015 гг.

Доза удобрения	Слой почвы, см	Технология обработки почвы						А, НСР <sub>05</sub> = 0,9
		традиционная			No-till			
		перед посевом	колошение	полная спелость	перед посевом	колошение	полная спелость	
Без удобрений	0–10	17,1	16,1	18,7	16,3	17,8	18,6	17,4
	10–20	15,3	15,3	18,1	16,2	15,7	16,5	16,2
	20–30	13,8	11,1	13,2	11,3	11,4	11,8	12,1
Рекомендованная	0–10	22,9	30,5	27,6	23,8	30,8	28,3	27,3
	10–20	20,7	22,6	23,7	18,5	19,1	20,5	20,9
	20–30	13,1	13,3	14,9	13,0	13,8	14,2	13,7
Расчётная	0–10	26,2	32,9	29,5	26,2	33,1	30,0	29,7
	10–20	20,1	23,0	23,8	18,2	18,3	20,8	20,7
	20–30	14,2	12,8	14,7	12,6	13,4	13,9	13,6
В, НСР <sub>05</sub> = 1,0		18,2	19,7	20,5	17,3	19,3	19,4	НСР <sub>05</sub> = 1,7

содержание нитратного азота в почве. В течение всего периода вегетации по обеим технологиям и всем дозам внесения удобрений его содержание характеризовалось как очень низкое. Так, по традиционной технологии перед посевом в слое почвы 0–10 см количество нитратного азота по трём вариантам внесения удобрений составляло 2,3–3,6 мг/кг, а по технологии No-till – 2,3–4,2 мг/кг почвы, что по градации относится к очень низкому содержанию этого элемента в почве. Проведение азотной подкормки в фазе кущения привело к математически доказуемому увеличению этого элемента питания в слоях почвы 0–10 и 10–20 см и в фазе колошения, и в фазе полной спелости, но во всех случаях содержание азота в почве классифицировалось как очень низкое.

Вносимые минеральные удобрения оказали влияние на содержание подвижного фосфора в почве. Так, при возделывании озимой пшеницы без внесения удобрений по обеим технологиям количество подвижного фосфора во все периоды вегетации характеризовалось средним обеспечением – 15,3–18,7 мг/кг в слоях почвы 0–10 и 10–20 см и низким в слое 20–30 см – 11,1–13,8 мг/кг почвы (табл. 4).

При внесении удобрений содержание фосфора перед посевом было значительно выше, чем на контроле, что связано с его накоплением после внесения удобрений под предшествующие культуры. Так, в верхнем 0–10 см слое почвы перед посевом содержание фосфора по обеим дозам было практически одинаковым и характеризовалось средней обеспеченностью – 22,9–26,2 мг/кг по традиционной технологии и 23,8–26,2 мг/кг почвы – по технологии No-till. В слое почвы 10–20 см содержание фосфора было немного ниже – 18,2–20,7 мг/кг почвы по обеим технологиям.

В фазе колошения содержание фосфора в слое почвы 0–10 см увеличилось, что связано с внесением удобрений при посеве, и его содержание по обеим технологиям характеризовалось как повышенное – 30,5–30,8 мг/кг почвы при внесении рекомендованной дозы и 32,9–33,1 мг/кг – при внесении расчётной дозы. При этом в слое почвы 10–20 см содержание фосфатов было ниже, их ко-

личество по традиционной технологии составляло 22,6 мг/кг почвы при внесении рекомендованной дозы и 23,0 мг/кг почвы – при расчётной, а по технологии без обработки почвы соответственно – 19,1 и 18,3 мг/кг почвы, что свидетельствовало о средней обеспеченности почвы этим элементом питания по обеим технологиям. Стоит обратить внимание на то, что по традиционной технологии содержание фосфора в верхнем слое почвы в 1,3–1,4 раза было выше, чем в слое 10–20 см, а по технологии No-till – выше в 1,6–1,8 раза. Т.е. при внесении удобрений по традиционной технологии фосфор распределялся более равномерно в слое почвы 0–20 см. Это стало следствием основной обработки почвы, когда под предшествующие культуры севооборота производилась отвальная обработка почвы с оборачиванием и перемешиванием слоя почвы 0–20 см. При технологии No-till обработка почвы не проводилась, а удобрения вносили вразброс по поверхности почвы и одновременно с посевом на глубину заделки семян. Поэтому в слое почвы 0–10 см содержание подвижного фосфора было больше, чем в нижележащем слое почвы 10–20 см.

Такие же закономерности наблюдались и по обменному калию, где вносимые минеральные удобрения повлияли на его содержание в почве по обеим технологиям возделывания. В фазе колошения содержание обменного калия в слое почвы 0–10 см увеличилось по обеим технологиям возделывания при внесении рекомендованной и расчётной доз минеральных удобрений, но по традиционной технологии его содержание характеризовалось средней обеспеченностью – 289 и 294 мг/кг, в то время как по технологии No-till было достоверно выше и характеризовалось как повышенное – 317 мг/кг по обеим дозам удобрений, что было обусловлено внесением удобрений в посевной слой почвы.

Различные условия по содержанию влаги и плотности почвы, а также содержанию элементов питания между технологиями повлияли на формирование урожая озимой пшеницы. Так, урожайность при возделывании без внесения минеральных удобрений во все годы исследования была ниже по технологии No-till в среднем на 8,3%, что мы

5. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и минеральных удобрений

Технология	Доза удобрения	Урожайность, т/га					Прибавка урожая			
		год				сред- няя	от технологии		от удобрений	
		2013	2014	2015	2016		т/га	%	т/га	%
Традиционная	без удобрений	2,92	2,26	2,83	2,71	2,68	–	–	–	–
	рекомендованная	4,89	3,41	4,46	4,75	4,38	–	–	1,70	63,3
	расчётная	4,96	3,83	4,67	5,13	4,65	–	–	1,97	73,4
No-till	без удобрений	2,84	2,17	2,58	2,24	2,46	-0,22	-8,3	–	–
	рекомендованная	6,05	3,90	5,47	5,23	5,16	0,78	17,9	2,71	110,1
	расчётная	6,18	4,46	5,56	5,55	5,44	0,79	17,0	2,98	121,3
НСР <sub>05</sub>		0,35	0,24	0,20	0,28	0,29				

связываем с нехваткой азота из-за потребления его микроорганизмами, разлагающими растительные остатки (табл. 5).

Урожайность озимой пшеницы при возделывании с внесением рекомендованной и расчётной доз удобрений по технологии без обработки почвы в среднем за 4 года составила 5,16 и 5,44 т/га соответственно, что было достоверно выше, чем на вариантах по традиционной технологии, — на 0,78 и 0,79 т/га, или на 17,9 и 17,0%.

Вносимые удобрения также обеспечили достоверную прибавку урожая зерна по обеим технологиям возделывания, но по традиционной технологии прибавка от внесения рекомендованной дозы удобрения составила 1,70 т/га, или 63,3%, от расчётной — 1,97 т/га и 73,4%, тогда как при возделывании без обработки почвы соответственно — 2,71 т/га, или 110,1%, и 2,98 т/га, или 121,3%. Т.е., при возделывании озимой пшеницы по технологии No-till применение минеральных удобрений более эффективно, чем по традиционной технологии, что обусловлено лучшей обеспеченностью растений продуктивной влагой в течение вегетации.

**Выводы.** Основная обработка почвы по традиционной технологии приводит к снижению продуктивной влаги в пахотном слое, а плотность почвы становится рыхлой, что и приводит к потерям влаги из-за физического испарения. По технологии без обработки почвы, благодаря растительным остаткам, содержание продуктивной влаги в течение вегетации больше от 5,1 до 31,9%, чем

по традиционной технологии. Почва не переуплотняется и находится в оптимальных пределах для роста растений. Содержание нитратного азота в почве в течение вегетации было очень низким по обеим технологиям. Внесение удобрений обеспечило увеличение содержания в почве подвижного фосфора и обменного калия, но по традиционной технологии эти элементы питания в пахотном слое распределялись более равномерно. Внесение минеральных удобрений обеспечило достоверную прибавку урожая зерна озимой пшеницы по обеим технологиям во все годы исследования, но по технологии без обработки почвы прибавка была на 46,7% выше, чем по традиционной.

### Литература

1. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. Основы системы земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. 96 с.
2. Дридигер В.К. Практические рекомендации по освоению технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы в засушливой зоне Ставропольского края. Саратов: Амирит, 2016. 82 с.
3. Пинегин В. No-till в Аргентине: чему здесь стоит поучиться // Ресурсосберегающее земледелие. 2011. № 1 (9). С. 21–23.
4. Дослехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
5. Турчин Ф.В. Методы определения азота в почве // Агробиохимические методы исследования почв. Изд. 4-е перераб. и доп. М., 1965. С. 64–82.
6. Тарасенко Б.И. Повышение плодородия почв Кубани: некоторые вопросы физики почв Краснодарского края в связи с их сельскохозяйственным использованием. 2-е доп. и испр. изд. Краснодар: Краснодарское кн. издат-во, 1981. 188 с.
7. Дридигер В.К. Влияние типа почвы и её плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. С. 19–22.