

Влияние предшественников и удобрений на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till на обыкновенном чернозёме Ставропольского края

Е.А. Менькина, к.с.-х.н., Н.Н. Шаповалова, зав. лабораторией, А.А. Воропаева, аспирантка, ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ

Важным условием обеспечения продовольственной безопасности России является устойчивое развитие агропромышленного комплекса, включающее реализацию планов по увеличению сбора зерна до 120 млн т. Для выполнения поставленной задачи годовой объём применения минеральных удобрений необходимо довести до 7,2 млн т, в том числе азотных – 3,6, фосфорных и калийных – по 1,8 млн т [1]. В настоящее время вносится лишь около 2,5 млн т НРК, но даже это количество позволило увеличить объёмы растениеводческой продукции на 40% в сравнении с 1990-ми гг., и Россия смогла войти в число крупнейших стран – экспортёров зерна. Дальнейшая перспектива развития зернового хозяйства страны тесно связана с внедрением новых технологий, которые не только способствуют воспроизводству почвенного плодородия и росту урожайности культур в результате увеличения объёмов применения удобрений, но и

позволяют повысить их окупаемость и рентабельность производства в целом [2]. Однако высокого экономического эффекта от применения удобрений можно достичь лишь при правильном выборе их вида и дозы, учитывающем биологические потребности культуры и агрохимическое состояние почвы, обусловленное влиянием предшествующей культуры [3].

Для Ставрополья рост производства зерна имеет принципиальное значение, поскольку край является одним из крупнейших зернопроизводящих регионов России. Вместе с тем в регионе остро стоит проблема потери плодородия пахотных почв в результате интенсивно протекающих эрозионных и дефляционных процессов. В настоящее время различными видами эрозии разрушено около 26% пахотных угодий [2, 4]. Активному развитию эрозионных процессов, особенно на склоновых землях, способствуют широко распространённые технологии возделывания полевых культур с применением отвальной обработки почвы. Альтернативой существующим технологиям может стать почвозащитная, энерго- и ресурсосберегающая технология

прямого посева без обработки почвы (No-till). В Ставропольском крае площадь возделывания культур по этой технологии не велика – около 250 тыс. га, или 7–8% к посевной. Одной из основных причин, препятствующих успешному и широкому её внедрению, является отсутствие разносторонних научных исследований, позволяющих адаптировать многолетний мировой опыт её применения к различным почвенно-климатическим условиям края [5–7]. Важным фактором, лимитирующим урожай культур при возделывании по технологии No-till, является способ применения удобрений. Новая технология вносит существенные коррективы в классическую систему удобрения культур. В отличие от традиционной обработки почвы, удобрения не распределяются в пахотном слое, а остаются в зоне внесения – в рядках или на поверхности. Поверхностное внесение удобрений, особенно фосфорно-калийных, имеет невысокую эффективность в связи с размещением в верхнем пересыхающем слое и позиционной их недоступностью для корневых систем растений. Поэтому результаты научных исследований по изучению эффективности разных видов и доз удобрений при внесении их в рядки при посеве озимой пшеницы, возделываемой без обработки почвы, представляют большой практический интерес.

Цель исследования – установить оптимальные дозы удобрений, обеспечивающие достижение высокой урожайности озимой пшеницы и окупаемости дополнительной продукцией в технологии No-till по разным предшественникам.

Материал и методы исследования. Исследование проведено в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края в 2015–2017 гг. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднесплодный слабогумусированный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Перед закладкой опыта агрохимическое состояние почвы в слое 0–20 см характеризовалось следующими значениями показателей: pH водной суспензии – 6,6–7,2, содержание гумуса (по Тюрину) – 3,42–3,67%, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) – 12–16 и 207–240 мг/кг соответственно. Количество нитратного азота, определяемое по методике Грандваль – Ляжу, обуславливалось предшественником и по гороху находилось в пределах 9,4–15,1, по подсолнечнику – 2,5–10,6 и по кукурузе – 2,2–7,5 мг/кг.

Прямой посев озимой пшеницы сорта Одесская 200 проводился в необработанную почву сеялкой «Gimetal». В опыте изучали пять видов минеральных удобрений, которые вносили в рядки при посеве культуры: аммофос в дозе 1,0 и 2,0 ц/га, сульфоаммофос – 2,6 ц/га, аммиачная селитра – 1,5 ц/га, нитроаммофоска марки 16:16:16 в дозе 3,3 ц/га отдельно и совместно с аммиачной селитрой 1,5 ц/га. Опыт включал следующие варианты применения удобрений: I – без удобрений

(контроль); II – $N_{12}P_{52}$; III – $N_{24}P_{104}$; IV – $N_{52}P_{52}$; V – $N_{52}P_{52}K_{52}$; VI – $N_{104}P_{52}K_{52}$; VII – N_{52} . Выбор дозы фосфорного удобрения был обусловлен результатами ранее проведённых исследований, показавшими необходимость первоочередного устранения дефицита фосфатов из-за низкого естественного содержания подвижных форм в почве, и 45–50 кг/га P_2O_5 полностью компенсировало вынос элемента в полевом севообороте с отвальной обработкой почвы [8, 9]. Повторность опыта трёхкратная во времени и пространстве. Площадь делянки составляла 132 м². Размещение вариантов опыта систематическое. Перед посевом озимой пшеницы по гороху применяли гербицид сплошного действия из группы глифосатов. По подсолнечнику и кукурузе он не использовался, поскольку посев пшеницы проводили сразу после уборки культур. Учёт урожая осуществлялся механизированным способом с помощью малогабаритного комбайна «Сампо-130» с последующим пересчётом на стандартную 14-процентную влажность.

Метеорологические условия в годы проведения исследования сложились благоприятно для возделывания озимой пшеницы. Среднегодовая температура воздуха была близкой к среднему многолетнему значению – 9,6°C (2017 г.) или превышала его на 0,5 и 1,6°C (2015 и 2016 гг.). Различия в количестве выпавших в течение года осадков и их распределение по периодам вегетации были более контрастными. Так, в сравнении с климатической нормой в 2015 г. отмечался недобор осадков в 57 мм, а в 2016 и 2017 гг. – превышение на 78 и 98 мм. Отличительной особенностью 2015 г. стали засушливые поздний осенний, зимний и летний периоды (осадки на 29–42% ниже нормы). В 2016 г. дефицит осадков отмечался лишь при подготовке почвы и в период сева (50% от нормы), а в 2017 г. растения озимой пшеницы практически не испытывали недостатка в атмосферной влаге. Годы исследования характеризовались ранним временем возобновления вегетации (температуры в марте на 1,0–2,5°C выше нормы), а также благоприятным температурным режимом и достаточным увлажнением периода весеннего развития. В целом по метеорологическим условиям 2015 г. можно охарактеризовать как год засушливый с тёплой зимой, 2016 г. – влажный с тёплой зимой и 2017 г. – влажный с холодной зимой. Особенности погодных условий в годы исследования оказали неоднозначное влияние на эффективность удобрений, что отразилось на величине урожайности озимой пшеницы и их окупаемости дополнительной продукцией.

Результаты исследования. За годы проведения исследования наибольшую степень влияния на урожайность озимой пшеницы оказал предшественник – 53–63%. Участие удобрений в формировании урожая находилось в пределах 18–29%. При этом все изученные комплексные фосфорсодержащие удобрения (аммофос, сульфоаммофос, нитроам-

мофоска) привели к существенному росту урожайности озимой пшеницы по всем предшественникам вследствие низкого естественного фона плодородия по фосфору.

При возделывании культуры по зернобобовому предшественнику высокая урожайность была достигнута и без применения удобрений – 4,3–6,5 т/га (табл. 1). Степень влияния погодных условий на урожай озимой пшеницы по гороху составляла 56,5%, удобрений – лишь 26,7%. Наименьший прирост сбора зерна от удобрений был получен в засушливый год с тёплой зимой (2015 г.), наиболее высокий – во влажный с холодной зимой (2017 г.) – 1,00–1,47 и 1,02–2,42 т/га соответственно. Достижение максимального прироста сбора зерна относительно контроля обеспечило внесение двойной дозы фосфора (N₂₄P₁₀₄) и полного минерального удобрения (N₅₂P₅₂K₅₂) – 2,11–2,42 т/га, или 48–55%.

В среднем за три года наблюдений применение разных видов фосфорсодержащих удобрений привело к значительному приросту урожайности культуры по зернобобовому предшественнику в размере 23–32% при высокой окупаемости 1 кг действующего вещества зерном – 7,5–18 кг. Несмотря на то что в технологии No-till значительное

количество растительных остатков гороха остаётся на поверхности почвы, накопленного в почве симбиотического азота, как правило, достаточно для формирования высокой урожайности культуры, и внесение при посеве аммиачной селитры в дозе 1,5 ц/га (N₅₂) не способствует её увеличению, в том числе и из-за недостатка подвижного фосфора в почве. Исключение составил 2016 г., в котором из-за низкой урожайности гороха (1,0 т/га) и неблагоприятных условий предпосевного периода для разложения корневых остатков (почвенная засуха), рядковое внесение азота привело к достоверному увеличению урожайности озимой пшеницы на 12,6%.

При возделывании озимой пшеницы по подсолнечнику и кукурузе установлена более высокая степень влияния на урожай удобрений, чем погодных условий, – 48,5–49,1 и 23,2–37,3% соответственно. При этом отклик культуры на улучшение минерального питания увеличивался в годы с отрицательными отклонениями от климатической нормы – недостатком влаги (2015 г.) или холодной зимой (2017 г.). В эти годы прирост урожайности озимой пшеницы существенно варьировал в зависимости от вида и дозы рядкового

1. Эффективность рядкового внесения удобрений на озимой пшенице, возделываемой по технологии No-till по разным предшественникам и годам исследования (2015–2017 гг.)

Вариант	Прирост урожайности по годам, т/га					Окупаемость 1 кг д.в. зерном, кг
	2015	2016	2017	среднее		
				ц/га	%	
Предшественник – горох						
I – контроль	6,50*	4,30*	4,41*	5,07*		
II – N ₁₂ P ₅₂	1,01	0,77	1,67	1,15	23	18,0
III – N ₂₄ P ₁₀₄	1,00	1,37	2,42	1,60	32	12,5
IV – N ₅₂ P ₅₂	1,34	1,10	1,02	1,15	23	11,1
V – N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	1,28	1,48	2,11	1,62	32	10,4
VI – N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	1,47	1,15	2,07	1,56	31	7,5
VII – N ₅₂	0,07	0,54	-0,18	0,14	3	2,7
НСР ₀₅ для фактора А (годы) – 0,308 т/га, F _{факт.} = 110,4 при F _{табл.} = 3,2						
НСР ₀₅ для фактора В (удобрения) – 0,471 т/га, F _{факт.} = 17,4 при F _{табл.} = 2,3						
Предшественник – подсолнечник						
I – контроль	4,69*	4,13*	3,25*	4,02*		
II – N ₁₂ P ₅₂	1,11	1,28	0,87	1,09	27	17,0
III – N ₂₄ P ₁₀₄	1,13	1,41	2,25	1,60	40	12,5
IV – N ₅₂ P ₅₂	2,25	1,26	1,73	1,75	44	16,8
V – N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	2,18	1,32	2,33	1,95	49	12,5
VI – N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	2,85	1,41	3,22	2,50	62	12,0
VII – N ₅₂	0,73	0,63	1,81	1,06	26	20,4
НСР ₀₅ для фактора А (годы) – 0,335 т/га, F _{факт.} = 28,4 при F _{табл.} = 3,2						
НСР ₀₅ для фактора В (удобрения) – 0,512 т/га, F _{факт.} = 19,8 при F _{табл.} = 2,3						
Предшественник – кукуруза						
I – контроль	3,05*	2,54*	2,08*	2,56*		
II – N ₁₂ P ₅₂	1,10	1,03	0,55	0,89	35	13,9
III – N ₂₄ P ₁₀₄	0,83	1,03	0,72	0,86	34	6,7
IV – N ₅₂ P ₅₂	2,15	1,22	1,29	1,55	61	14,9
V – N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	2,21	1,61	0,99	1,60	63	10,3
VI – N ₁₀₄ P ₅₂ K ₅₂	3,38	1,99	2,32	2,56	100	12,3
VII – N ₅₂	1,31	1,03	1,03	1,12	44	21,5
НСР ₀₅ для фактора А (годы) – 0,228 т/га, F _{факт.} = 96,7 при F _{табл.} = 3,2						
НСР ₀₅ для фактора В (удобрения) – 0,348 т/га, F _{факт.} = 42,4 при F _{табл.} = 2,3						

Примечание: * – урожайность на варианте без применения удобрений

удобрения. По подсолнечнику он составлял относительно контроля 15,6–99,1%, по кукурузе – 26,4–111,5% (табл. 1). Максимальный эффект от удобрений был получен при внесении $N_{104}P_{52}K_{52}$, который по подсолнечнику достигал 60,8–99,1%, а по кукурузе – 110,8–111,5%. Двойная доза азотного удобрения обеспечила оптимальные условия питания озимой пшеницы в условиях ослабления нитрифицирующих процессов в почве из-за дефицита влаги (2015 г.) и пониженных температур (2017 г.). Подтверждением тому является и то, что в эти годы отдельное внесение аммиачной селитры (N_{52}) по своей эффективности существенно не уступало действию аммофоса ($N_{12}P_{52}$) или даже превосходило его в 1,8–2,1 раза. После уборки пропашных культур на поверхности почвы остаётся большое количество органического материала (растительных остатков), что также объясняет положительную реакцию возделываемых после них озимых культур не только на улучшение фосфорного, но и азотного режимов почвы.

В среднем за 2015–2017 гг. самым эффективным приёмом использования удобрений с точки зрения получения наиболее высокого прироста урожайности озимой пшеницы, возделываемой по подсолнечнику и кукурузе, также было внесение $N_{104}P_{52}K_{52}$. По подсолнечнику прибавка превысила дополнительный сбор зерна за счёт других видов и доз удобрений в 1,3–2,4 раза, по кукурузе – 1,6–3,0 раза. Внесение удобрений в дозах $N_{52}P_{52}$ и $N_{52}P_{52}K_{52}$, хотя и уступало полному минеральному удобрению

с двойной дозой азота, но также оказало высокое положительное действие на урожай культуры. Прирост урожайности озимой пшеницы на этих вариантах по подсолнечнику составил 44–49%, по кукурузе – 61–63%.

При оценке целесообразности применения удобрений необходимо принимать во внимание не только агрономические, но и экономические показатели возделывания озимой пшеницы. Существенное увеличение сбора продукции под влиянием удобрений обеспечило высокую окупаемость единицы действующего вещества зерном: по гороху – 10,4–18,0 (за исключением VI – $N_{104}P_{52}K_{52}$ и VII – N_{52} вариантов), по подсолнечнику – 12,0–20,4 и по кукурузе – 10,3–21,5 кг (исключая $N_{24}P_{104}$). При этом по зернобобовому предшественнику наибольшая окупаемость 1 кг д.в. зерном была отмечена на варианте с преимущественным внесением фосфора ($N_{12}P_{52}$) – 18,0 кг. По пропашным предшественникам, напротив, окупаемость единицы азотного удобрения была выше азотно-фосфорного и полного минерального и составляла 20,4–21,5 кг зерна на 1 кг д.в.

Рентабельность применения удобрений в технологии No-till обуславливалась отношением прибыли, полученной от реализации дополнительно произведённой продукции, к затратам на удобрения. Доля удобрений в структуре полных затрат варьировала в пределах 19,3–51,6% (табл. 2). Способствуя увеличению урожайности и стоимости валовой продукции, минеральные удобрения в

2. Экономические показатели возделывания озимой пшеницы по технологии No-till по разным предшественникам в среднем за 2015–2017 гг.

Вариант	Себестоимость зерна, руб/кг	Затраты, тыс. руб/га		Доход от удобрений	Прибыль от удобрений	Рентабельность удобрений, %
		всего	в т.ч. на удобрения			
Предшественник – горох						
I – контроль	2,72	13,37	0,00	0,00	0,00	0
II – $N_{12}P_{52}$	2,98	17,98	4,61	5,43	0,82	18
III – $N_{24}P_{104}$	3,49	22,60	9,23	4,74	-4,49	-49
IV – $N_{52}P_{52}$	3,77	22,74	9,37	0,67	-8,70	-93
V – $N_{52}P_{52}K_{52}$	3,74	24,29	10,92	3,22	-7,70	-71
VI – $N_{104}P_{52}K_{52}$	4,29	27,60	14,23	-0,61	-14,84	-104
VII – N_{52}	3,28	16,56	3,19	-1,97	-5,17	-162
Предшественник – подсолнечник						
I – контроль	3,43	13,37	0,00	0,00	0,00	0
II – $N_{12}P_{52}$	3,63	17,98	4,61	4,90	0,29	6
III – $N_{24}P_{104}$	4,15	22,60	9,23	4,74	-4,49	-49
IV – $N_{52}P_{52}$	4,06	22,74	9,37	5,91	-3,46	-37
V – $N_{52}P_{52}K_{52}$	4,19	24,29	10,92	6,10	-4,82	-44
VI – $N_{104}P_{52}K_{52}$	4,36	27,60	14,23	7,60	-6,63	-47
VII – N_{52}	3,36	16,56	3,19	6,07	2,88	90
Предшественник – кукуруза						
I – контроль	5,38	13,37	0,00	0,00	0,00	0
II – $N_{12}P_{52}$	5,37	17,98	4,61	3,20	-1,41	-31
III – $N_{24}P_{104}$	6,81	22,60	9,23	-1,72	-10,95	-119
IV – $N_{52}P_{52}$	5,70	22,74	9,37	4,16	-5,21	-56
V – $N_{52}P_{52}K_{52}$	6,02	24,29	10,92	3,05	-7,87	-72
VI – $N_{104}P_{52}K_{52}$	5,56	27,60	14,23	8,12	-6,11	-43
VII – N_{52}	4,64	16,56	3,19	6,59	3,40	107

большинстве случаев снижали норму рентабельности и увеличивали себестоимость зерна. Вследствие значительного диспаритета цен на зерно и минеральные удобрения получение даже самых высоких прибавок урожайности озимой пшеницы не обеспечило необходимого уровня рентабельности расширенного воспроизводства – 32%. По зернобобовому предшественнику положительная, но низкая (17%) норма рентабельности отмечалась лишь на варианте с применением 1,0 ц/га аммофоса – $N_{12}P_{52}$. При возделывании озимой пшеницы по пропашным предшественникам высокорентабельным оказалось только внесение при посеве аммиачной селитры в дозе N_{52} – 90–107%.

Выводы. Рядковое внесение удобрений при прямом посеве озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till, является основным способом улучшения минерального питания растений на почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора. Эффективность данного приёма зависит от предшествующей культуры, погодных условий, вида и дозы удобрения. При выращивании озимой пшеницы по зернобобовому предшественнику применение удобрений позволяет увеличить урожайность культуры на 23–32, по подсолнечнику – на 26–62 и по кукурузе – на 34–100%. В среднем за три года исследования наиболее высокий прирост сбора зерна относительно контрольного (без удобрений) варианта был достигнут при внесении по гороху $N_{24}P_{104}$ и $N_{52}P_{52}K_{52}$ (1,60–1,62 т/га), по подсолнечнику и кукурузе – $N_{104}P_{52}K_{52}$ (2,50 и 2,56 т/га). Вместе с тем при выборе оптимального вида и дозы удобрения необходимо учитывать экономические показатели возделывания озимой пшеницы. При существующем диспаритете цен на продукцию сельскохозяйственного и промышленного производства высокая норма рентабельности удобрений (90–107%) с максимальной окупаемостью 1 кг д.в. зерном (20,4–21,5 кг) получена

только при рядковом внесении N_{52} по предшественникам подсолнечник и кукуруза. При возделывании озимой пшеницы по гороху высокая урожайность культуры была достигнута и без применения удобрений – 4,3–6,5 т/га. Внесение при посеве $N_{12}P_{52}$ имело самую высокую окупаемость единицы д.в. зерном – 18,0 кг, но невысокую норму рентабельности – 18%. Полученные результаты показывают, что в современной земледелии высокая стоимость минеральных удобрений является ограничивающим фактором в увеличении объёмов производства валовой продукции растениеводства.

Литература

1. Сычёв В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. М.: ВНИИА, 2013. 296 с.
2. Система земледелия Краснодарского края / Методические рекомендации. Краснодар, 2009. 268 с.
3. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В.В. Кулинцев, Е.И. Годунова, Л.И. Желнакова [и др.]. Ставрополь: Изд-во Ставропольского гос. аграрного ун-та АГРУС, 2013. 520 с.
4. Куприченко М.Т., Менькина Е.А. Модель восстановления плодородия эродированных почв // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 7. С. 8.
5. Беляева О.Н. Система No-till и её влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // Земледелие. 2013. № 7. С. 16–18.
6. Дригидер В.К., Шаповалова Н.Н. Климатические, почвенные и экономические предпосылки внедрения системы земледелия без обработки почвы в Ставропольском крае // Бюллетень СНИИСХ. 2014. № 6. С. 58–68.
7. Использование технологии прямого посева в решении проблемы сохранения плодородия и повышения продуктивности почв / Шаповалова Н.Н., Годунова Е.И., Менькина Е.А., Воропаева А.А. // Бюллетень СНИИСХ. 2017. № 9. С. 247–259.
8. Шаповалова Н.Н., Шустикова Е.П. Влияние длительного внесения фосфорных удобрений на фосфатный режим чернозёма обыкновенного при возделывании озимой пшеницы // Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова: сб. науч. стат. по матер. всерос. науч. конф. (28–29 сентября 2010 г.). М.: Почв.ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2011. С. 262–267.
9. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н., Петров Н.Л. Эффективность минеральных удобрений в полевом севообороте в зависимости от доз и длительности применения: методич. рекоменд. Михайловск: ГНУ «Ставропольский НИИСХ», 2005. 25 с.