

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 631.51.021:631.416.1:633.1 (571.1)

**ОСОБЕННОСТИ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ**

А. Н. Власенко, доктор сельскохозяйственных наук,
академик Россельхозакадемии

В. Е. Синещев, доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

Г. И. Ткаченко, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник

В. Н. Слесарев, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Н. В. Васильева, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник

**Сибирский НИИ земледелия
и химизации СО Россельхозакадемии
E-mail: sivi_01@mail.ru**

Ключевые слова: минимизация основной обработки почвы, нитратный азот, пшеница, сорняки

Реферат. Цель настоящей работы – изучение особенностей азотного питания яровой пшеницы в полевом севообороте при минимизации основной обработки почвы. Исследования проводили в многофакторном стационарном полевом опыте в 2002–2013 гг. Изучали сезонную динамику содержания нитратного азота в почве и вынос его с агрофитоценозом в четырех вариантах систем обработки почвы в полях зернопарового севооборота на экстенсивном фоне, а продуктивность яровой пшеницы – на экстенсивном и интенсивном фонах. Установлено, что в условиях лесостепи Западной Сибири на чернозёмах выщелоченных в чистом черном пару со вспашкой общее количество минерального азота за период парования возросло в 2,5 раза, в чистом раннем минимальном пару – в 2 раза в сравнении с исходным значением. Весной перед посевом пшеницы по пару содержание азота в метровом слое почвы составило 159 кг/га по вспашке, что в 1,2 раза больше, чем по минимальной, и в 1,3 раза в сравнении с «нулевой» обработкой. Урожайность пшеницы по пару на экстенсивном и интенсивном фонах составила 2,66–2,83 и 3,53–3,61 т/га соответственно и практически не зависела от способов его подготовки. На повторных посевах урожайность пшеницы на экстенсивном фоне по вспашке (1,29–1,66 т/га) была в 1,1–1,3 раза больше, чем по минимальным обработкам. При оптимизации минерального питания растений и фитосанитарной ситуации посевов продуктивность пшеницы в полях севооборота увеличивалась в 2,1–2,8 раза без существенных различий по вариантам обработки почвы. Агрофитоценоз, идущий по пару, характеризовался наибольшими показателями (125,0–130,3 кг/га) по выносу нитратного азота из почвы, несколько снижаясь от вспашки к минимальным обработкам. При этом вынос данного элемента из почвы с сорняками на экстенсивном фоне нарастал от 8,6 кг/га по черному пару со вспашкой до 14,0 кг/га по раннему минимальному пару, по зерновым предшественникам – от 15,7 по вспашке до 26,9 кг/га по «нулевой» обработке.

В формировании урожая сельскохозяйственных культур важная роль принадлежит нитратному азоту, содержание которого в почве зависит от многих факторов, в том числе от систем обработки почвы в севообороте [1–3]. При этом в литературе обращает на себя внимание противоречивость суждений по поводу причин различия в содержании нитратов по вариантам обработки почвы. Так, ряд исследователей [4, 5] в многолетних исследованиях на чернозёме выщелоченном

тяжелосуглинистом Омской области установили, что систематическая минимальная обработка ухудшает условия для развития нитрификаторов, вследствие чего и происходит ухудшение азотного питания в сравнении со вспашкой.

Исследованиями В.Е. Мусохранова [6] выявлено, что при плоскорезной обработке склоновых почв Алтайского края обеспеченность растений азотом не хуже, а в отдельных случаях лучше, чем по вспашке, ввиду того, что влажность почвы на

плоскорезных фонах выше, интенсивнее и процессы минерализации. В многолетних опытах на тёмно-каштановых почвах Казахстана закономерно наибольшее количество нитратного азота отмечалось в пару. При этом способы и глубина обработки пара не влияли на накопление нитратов. В посевах зерновых после пара больше накапливалось нитратного азота по глубокой плоскорезной обработке, чем по вспашке [7].

По данным А. М. Ситникова [8], на чернозёмах и серых лесных почвах Омской области установлено, что содержание нитратов увеличивается в начале парования при плоскорезной обработке, а в августе и сентябре их бывает больше при вспашке. Выявлена тенденция к увеличению содержания нитратов по вспашке во влажные годы, а по безотвальной обработке – в засушливые. По его мнению, в случае безотвальной обработки из-за меньшего крошения и рыхления скважность почвы меньше, чем при вспашке, поэтому во влажный период ухудшается аэрация, что приводит к снижению темпов биологических процессов. В засушливые периоды в более рыхлой вспаханной почве снижается влажность, что сдерживает биологические процессы и образование нитратов.

Цель исследований – изучение сезонной динамики содержания нитратного азота в почве в полях зернопарового севооборота при минимизации основной обработки чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в многофакторном стационарном полевом опыте Государственного научного учреждения Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства Россельхозакадемии, заложенном в 1981 г. на территории ОПХ «Элитное» Новосибирской области (центральная лесостепь Приобья).

Почвенный покров опытного участка представлен среднесуглинистым выщелоченным черноземом среднесуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 6,0%, общего азота – 0,34, валового фосфора – 0,30%, подвижного фосфора (по Чирикову) – 20, калия – 9,7 мг/100 г почвы.

Агроклиматические особенности района исследований характеризуются следующими основными показателями: среднемноголетняя сумма

атмосферных осадков за год 390–450 мм, в том числе за июнь – 50–55, за июль – 60–80, за август – 55–65 мм; среднемноголетняя сумма температур выше 10°C – 1770–1860°C. На данной территории умеренное переувлажнение ($K_y > 1,27$) наблюдается в 15% лет, умеренное увлажнение ($K_y = 1,0–1,27$) – 30, умеренно дефицитное ($K_y = 0,79–1,0$) – 25, дефицитное ($K_y = 0,58–0,79$) – 20 и остродефицитное ($K_y < 0,58$) – 10%.

Изучение систем основной обработки почвы проводилось в четырехпольном севообороте «пар – пшеница – пшеница – пшеница» по схеме: 1) ежегодная вспашка в пару на 25–27 см и 20–22 см – под яровую пшеницу (вспашка); 2) рыхление на 25–27 см в пару и на 20–22 см под яровую пшеницу (глубокое рыхление); 3) ежегодная плоскорезная обработка на глубину 10–12 см под пшеницу (минимальная); 4) без осенней обработки («нулевая») [9].

Опыт по обработке почвы заложен в четырех повторениях. Поперек основных обработок методом расщепленных делянок накладывались варианты с разным уровнем интенсификации: контроль (без средств химизации – экстенсивная технология); удобрения $N_{60}P_{30}$ под вторую и $N_{90}P_{30}$ под третью культуры + гербициды + фунгициды + инсектициды (комплексная химизация – интенсивная технология).

В данной работе представлены анализ и обобщение результатов исследований за 2002–2013 гг. по динамике нитратного азота в почве и выносу его с агрофитоценозом на фоне без средств химизации при минимизации основной обработки, а также по влиянию последней на продуктивность яровой пшеницы сорта Новосибирская 29 на экстенсивном и интенсивном фонах.

Нитратный азот извлекали из почвы в контроле (без средств химизации) солевой вытяжкой 0,02 н. K_2SO_4 и определяли с помощью ионселективного электрода.

Озоление растительного материала сорных растений проводили смесью концентрированной серной кислоты H_2SO_4 , содержащей селен, и 30%-го раствора перекиси водорода H_2O_2 . В растительных образцах сорняков после озоления определяли азот фотоколориметрическим методом с использованием реакции индофенольной зелени [10].

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Черноземные почвы Сибири характеризуются высокой нитрификационной способностью. При паровании без растений-потребителей накапливается нитратный азот на уровне высокой и очень высокой обеспеченности. Накопившихся в пару нитратов при прочих благоприятных условиях достаточно для получения 3,0–5,0 т/га зерна яровой пшеницы [3].

На основе анализа многолетних результатов агрохимических исследований выявили следующее. Содержание нитратного азота в толще почвы 0–100 см в начале парования по изучаемым способам подготовки пара составило 58–63 кг/га. При этом отмечалось относительно равномерное распределение этого элемента по профилю. От 51,7 до 55,7% его сосредоточено в верхнем 40-сантиметровом слое и несколько меньше в слое 40–100 см (табл. 1).

Таблица 1

Динамика нитратного азота при разных способах подготовки пара в лесостепи Приобья (2002–2013 гг.), кг/га

Способ подготовки пара	Слой почвы, см	Время определения	
		начало парования	окончание парования
Чистый черный пар со вспашкой	0–40	32,8	88,8
	40–100	24,9	58,0
	0–100	57,7	146,8
Чистый черный пар с безотвальной обработкой	0–40	30,2	93,2
	40–100	28,2	48,3
	0–100	58,4	141,5
Чистый черный пар с минимальной обработкой	0–40	35,3	89,1
	40–100	28,0	44,4
	0–100	63,3	133,5
Чистый ранний минимальный пар	0–40	30,7	74,4
	40–100	27,9	42,5
	0–100	58,6	116,9

За время парования при отсутствии растений-потребителей количество минерального азота в почве закономерно увеличилось. Так, в чистом черном пару со вспашкой общее количество минерального азота за период парования возросло в 2,5 раза, чистом черном пару с безотвальной обработкой – в 2,4 раза.

По мере минимизации обработки почвы в пару накопление нитратного азота снижалось. Наименьшее его количество отмечалось в чистом раннем минимальном пару. В сравнении с исходным значением количество нитратов увеличилось в 2 раза.

Известно, что при минимизации обработки почвы наблюдается неравномерное распределение растительных остатков в корнеобитаемом слое, приводящее к сокращению поступления в нижнюю часть пахотного и подпахотный слой пищи для микроорганизмов. Это явление отразилось на их численности, а следовательно, и на интенсивности биологических процессов. На высокогумусированных черноземах выщелоченных Омской области сокращение механических обработок почвы также способствовало снижению численности аэробных микроорганизмов, вызы-

вающих минерализацию органического вещества, что наиболее ярко проявлялось при достаточном увлажнении почвы [4].

Перед посевом колосовых культур по чистым чёрным парам с глубокими обработками количество нитратов в слое почвы 0–100 см было наибольшим (158 кг/га) в сравнении с черным паром с минимальной обработкой (136 кг/га) и ранним минимальным паром (126 кг/га). При этом количество азота в верхнем 40-сантиметровом слое по чистым чёрным парам с глубокими обработками составило 54,2–57,9% от метрового горизонта. По мере минимизации обработки почвы рассматриваемый показатель несколько возростал, достигая 61,3% по черному пару с минимальной обработкой и 62,7% по раннему минимальному пару (табл. 2).

Перед посевом второй культуры после пара содержание нитратного азота в метровом слое почвы по вспашке (80 кг/га) было больше, чем в вариантах с почвозащитными обработками (63–65 кг/га). На заключительной культуре севооборота наблюдалось выравнивание данных по минеральному азоту (58–60 кг/га).

Таблица 2

Запасы нитратного азота в почве под яровой пшеницей при разных уровнях минимизации основной обработки в полевом севообороте (2002–2013 гг.), кг/га

Культура в севообороте	Слой почвы, см	Системы основной обработки почвы*			
		1	2	3	4
<i>Перед посевом</i>					
Первая	0–40	92,0	85,9	83,6	78,8
	40–100	66,8	72,5	52,8	46,8
	0–100	158,8	158,4	136,4	125,6
Вторая	0–40	37,4	31,1	33,8	35,0
	40–100	42,4	34,1	30,1	28,1
	0–100	79,8	65,2	63,9	63,1
Третья	0–40	34,2	34,5	36,4	32,8
	40–100	25,8	24,0	25,5	25,4
	0–100	60,0	58,5	61,9	58,2
<i>Перед уборкой</i>					
Первая	0–40	32,4	28,2	23,6	25,2
	40–100	31,2	25,4	20,2	24,0
	0–100	61,6	53,6	43,8	49,2
Вторая	0–40	17,8	18,9	17,8	17,3
	40–100	19,0	15,2	15,0	15,5
	0–100	36,8	34,1	32,8	32,8
Третья	0–40	14,8	14,8	17,7	17,0
	40–100	16,6	14,0	17,4	15,6
	0–100	31,4	28,8	35,1	32,6

*1 – вспашка; 2 – глубокое рыхление; 3 – минимальная обработка; 4 – без основной обработки.

Таблица 3

Урожайность яровой пшеницы в севообороте в зависимости от систем основной обработки почвы и уровней химизации (2007–2013 гг.), т/га

Система основной обработки почвы	Уровень химизации*	Культура в севообороте			В среднем по севообороту
		по пару	вторая после пара	третья после пара	
Вспашка	1	2,83	1,66	1,29	1,45
	2	3,61	3,43	2,95	2,50
Глубокое рыхление	1	2,66	1,54	1,11	1,33
	2	3,59	3,45	2,82	2,47
Минимальная	1	2,69	1,53	1,09	1,33
	2	3,53	3,35	2,75	2,41
«Нулевая»	1	2,67	1,46	0,97	1,28
	2	3,59	3,28	2,75	2,41
НСР ₀₅	1	0,18	0,10	0,15	0,14
	2	0,21	0,17	0,22	0,20

*1 – экстенсивная технология; 2 – интенсивная технология.

Таблица 4

Вынос нитратного азота из почвы агрофитоценозом на фоне без средств химизации в зависимости от систем основной обработки почвы (2007–2013 гг.), кг/га

Система основной обработки почвы	Вынос азота*	Культура в севообороте			Среднее на площадь посева в севообороте
		по пару	вторая после пара	третья после пара	
Вспашка	1	130,3	82,5	74,7	95,8
	2	8,6	11,1	20,2	13,3
Безотвальная глубокая	1	125,0	78,5	74,9	92,8
	2	10,6	12,3	28,2	17,0
Минимальная	1	127,9	80,7	81,5	96,7
	2	12,2	14,9	32,6	19,9
«Нулевая»	1	128,8	79,7	81,6	96,7
	2	14,0	16,9	36,9	22,6

* 1 – количество нитратного азота, извлеченного из почвы агрофитоценозом (пшеница + сорняки); 2 – в том числе сорными растениями.

К концу вегетации яровой пшеницы по черному пару со вспашкой (60 кг/га) нитратного азота оставалось несколько больше, чем по черным парам с почвозащитными обработками (44–54 кг/га). К уборке яровой пшеницы по зерновым предшественникам в почве отмечалось наименьшее количество этого элемента (29–37 кг/га) и оно не зависело от изучаемых систем основной обработки.

Исследованиями установлено, что при посеве по пару урожайность пшеницы была наибольшей и не зависела от системы обработки почвы. На интенсивном фоне она была выше в 1,3–1,4 раза в сравнении с экстенсивным. На повторных посевах пшеницы преимущество по урожайности на экстенсивном фоне имел вариант со вспашкой. Например, урожайность третьей культуры по вспашке была в 1,4 раза выше, чем по «нулевой» обработке.

За период исследований засоренность посевов по зерновым предшественникам в контроле без применения гербицидов изменялась от 11,9% по вспашке до 32,8% по «нулевой» обработке.

Применение гербицидов, спектр действия которых соответствовал видовому составу сорной растительности в посевах, во всех вариантах обработки почвы снижало засоренность до безопасного уровня. В связи с этим при оптимизации минерального питания растений и фитосанитарной ситуации посевов урожайность практически выравнивалась и составила в среднем по севообороту 2,50; 2,47; 2,41 и 2,41 т/га по вспашке, глубокому рыхлению, минимальной и «нулевой» обработке соответственно (табл. 3).

Нами также получены экспериментальные данные по выносу нитратного азота из почвы пшеницей и сорняками, являющиеся важным фактором в оценке агроэкологической эффективности изучаемых систем основной обработки почвы. Агрофитоценоз, идущий по пару, характеризовался наибольшими показателями по выносу нитратного азота из почвы (125,0–130,3 кг/га), которые несколько снижались от вспашки к минимальным обработкам. Количество нитратного азота, извлеченного из почвы агрофитоценозом, идущим по зерновым предшественникам, было закономерно меньше, чем по пару (табл. 4).

В посевах пшеницы по пару вынос этого элемента из почвы с сорняками изменялся от 8,6 кг/га

по черному пару со вспашкой до 14,0 кг/га по раннему минимальному пару. При этом выявлено увеличение объема выноса азота с сорняками по мере минимизации обработки почвы, особенно по зерновым предшественникам. Например, вынос нитратного азота из почвы с сорными растениями на пшенице – второй культуре после пара нарастал от 11,1 кг/га по вспашке до 16,9 кг/га по «нулевой» обработке, заключительной – 20,2 и 36,9 кг/га соответственно. Выявленные закономерности по выносу нитратного азота из почвы с агрофитоценозом при минимизации обработки согласуются с литературными данными [11].

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепи Западной Сибири на черноземах выщелоченных в чистом черном пару со вспашкой общее количество минерального азота за период парования возросло в 2,5 раза, в чистом раннем минимальном пару – в 2 раза в сравнении с исходным значением. Весной перед посевом пшеницы по пару содержание азота в почве составило 159 кг/га по вспашке, что в 1,2 раза больше, чем по минимальной, и в 1,3 раза в сравнении с «нулевой» обработкой.
2. Урожайность пшеницы по пару на экстенсивном и интенсивном фонах составила 2,66–2,83 и 3,53–3,61 т/га соответственно и практически не зависела от систем основной обработки почвы. На повторных посевах урожайность пшеницы на экстенсивном фоне по вспашке (1,29–1,66 т/га) была в 1,1–1,3 раза больше, чем по минимальным обработкам. При оптимизации минерального питания растений и фитосанитарной ситуации посевов продуктивность пшеницы в полях севооборота увеличивалась в 2,1–2,8 раза без существенных различий по вариантам обработки почвы.
3. Вынос нитратного азота из почвы с сорняками на экстенсивном фоне нарастал от 8,6 кг/га по черному пару со вспашкой до 14,0 кг/га по раннему минимальному пару, по зерновым предшественникам – от 15,7 кг/га по вспашке до 26,9 кг/га по «нулевой» обработке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Эффективность* минимизации обработки черноземов выщелоченных лесостепи Приобья / А. Н. Власенко, В. Е. Синещеков, В. Н. Слесарев [и др.] // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 6. – С. 5–11.

2. Власенко А. Н., Шарков И. Н., Иодко Л. Н. Перспективы минимизации основной обработки сибирских черноземов при возделывании зерновых культур // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 7. – С. 5–14.
3. *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области.* – Новосибирск, 2002. – 338 с.
4. Зерфус В. М. Особенности мобилизационных процессов и пищевого режима при сокращении механических обработок выщелоченного чернозёма лесостепи Омской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 1977. – 19 с.
5. Холмов В. Г., Святская Л. Н. Биологическая активность почвы при минимальной обработке под зерновые культуры // С.-х. биология. – 1984. – № 8. – С. 99–103.
6. Мусохранов В. Е. Повышение продуктивности склоновых земель. – Барнаул, 1979. – 90 с.
7. Задорин А. Д. Проблемы адаптации в земледелии. – Орёл: Тургеневский бережок, 1996. – 180 с.
8. Ситников А. М. Обработка и плодородие чернозёмных и серых лесных почв: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1979. – 44 с.
9. *Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии / Россельхозакадемия. Сиб. отд-ние, сост.: Л. Ф. Ашмарина, А. И. Ермохина, Т. А. Галактионова; под общ. ред. акад. Россельхозакадемии Н. И. Кашеварова.* – Изд. 1-е. – Новосибирск, 2009. – 285 с.
10. Крищенко В. П., Агеева В. С., Соколова М. Ф. Озоление растительного материала для определения азота, фосфора, калия // Методические указания по отбору проб растений, определению в них азота, фосфора и калия. – М., 1980. – С. 20.
11. Синещиков В. Е. Управление продукционным процессом зерновых агроценозов юга Западной Сибири / РАСХН. Сиб. отд-ние, ГНУ СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2008. – 212 с.

CHARACTERISTICS OF SPRING WHEAT NITRGEN NUTRITION UNDER MINIMIZATION OF PRIMARY BLACK SOIL (CHERNOZEM) TILLAGE IN LEACHED NOVOSIBIRSK PREOBYE

A. N. Vlasenko, V. E. Sineshchekov, G. I. Tkachenko, V. N. Slesarev, N. V. Vasilyeva

Key words: minimization of primary soil tillage, nitrate nitrogen, wheat, weeds

Summary. The paper aims to study the characteristics of spring wheat nitrogen nutrition in crop rotation in the field under minimum primary soil tillage. The research was carried out in the multifactor stationary field experiment in 2002–2013. The work examined the seasonal dynamics of soil nitrate nitrogen and its withdrawal incorporated in agrophytocenose in 4 variants of soil tillage systems in the fields of grain fallow rotation in the extensive background, it also studied spring wheat productivity in extensive and intensive backgrounds. It was established that under the conditions of West Siberia forest-steppe and in its black soils leached by bare black fallow with tillage, the amount of mineral nitrogen went up 2.5 and 2 times as much as the initial value over the fallow period and bare early minimum fallow period, respectively. In the spring prior to wheat sowing in the fallow, nitrogen content in a 1-meter soil layer constituted 159 kg/ha when sown in the tillage, which is 1.2 and 1.3 times as much as sown in the minimum fallow and “zero” tillage, respectively. Wheat yielding when grown in the fallow in extensive and intensive backgrounds made up 2.66–2.83 and 3.53–3.61 t/ha, respectively, and in fact, did not depend upon the techniques of the fallow preparation. In the repeated sowings, wheat productivity was 1.1–1.3 times higher in the extensive background in the tillage (1.29–1.66 t/ha) than that in the minimum tillage. With optimized mineral nutrition in plants and phytosanitary situation in seedings the productivity of wheat in field crop rotations went up 2.1–2.8 times as much without any considerable differences in soil tillage variants. Agrophytocenose fallowed was characterized by the highest indexes (125.0–130.3 kg/ha) for nitrate nitrogen withdrawn from the soil somewhat lowering from tillage to minimum cultivations. Herewith, the withdrawal of the element concerned from the soil with weeds in the extensive background built up from 8.6 kg/ha in the black fallow to 14.0 kg/ha for the early minimal fallow, for grain predecessors it went up from 15.7 in the tillage to 26.9 kg/ha in “zero” tillage.