

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ВЫНОС АЗОТА УРОЖАЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУЛЬТУР ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА

© 2020 г. В. А. Шевченко¹, А. И. Беленков^{1,*}

¹ *Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева
127550 Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия*

**E-mail: belenokaleksis@mail.ru*

Поступила в редакцию 29.11.2019 г.

После доработки 22.01.2020 г.

Принята к публикации 10.06.2020 г.

Результаты многолетних исследований показали, что решающим фактором при возделывании озимой пшеницы является уровень минерального питания и при применении интенсивной глубокой системы обработки почвы и высокого фона питания урожайность культуры возрастала. В годы с достаточным количеством осадков преимущество имела традиционная технология возделывания озимой пшеницы. Рассмотрены отдельные элементы биологизации земледелия в полевом опыте Центра точного земледелия, связанные с проведением пожнивного посева горчицы на сидерат после уборки озимой пшеницы под урожай картофеля будущего года, послеуборочным использованием соломы озимой пшеницы и ячменя, заделкой в почву растительных остатков всех культур зернопропашного севооборота.

Ключевые слова: севооборот, азотные удобрения, баланс азота, коэффициенты использования азота, дерново-подзолистая почва, зернопропашной севооборот, растительные остатки, сидерат, поступление и вынос элементов питания.

DOI: 10.31857/S0002188120090100

ВВЕДЕНИЕ

Накопление и содержание основных элементов питания в почвах зависит от многих сопутствующих факторов. Поэтому относительное содержание, прежде всего азота, в основной и побочной продукции озимой пшеницы, накопление сухого вещества имеют важное значение, поскольку дают возможность оценить общий вынос азота и оценить его баланс в системе почва–удобрение–растение [1, 2]. На основании данных, полученных в длительном стационарном опыте, заложенном в 1969 г. Б.А. Доспеховым в учхозе “Михайловское” Московской обл., интерпретировали сведения о характере поступления и дальнейшего использования азота почвы и удобрений. Цель работы – изучение влияния применения удобрений и способа обработки почвы на вынос азота урожаями озимой пшеницы и культур зернопропашного севооборота.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексные исследования провели в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ), который был создан в 2007 г. в рамках инновацион-

ного общеобразовательного проекта РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. Схема опыта включала 3 системы обработки почвы (традиционную, минимальную ресурсосберегающую и интенсивную глубокую) и 4 фона удобрений (естественный, умеренный, программируемый и высокий).

Варианты обработки почвы:

1 – традиционный (контроль), представленный лущением стерни, вспашкой на глубину 20–22 см, предпосевной обработкой РВК-3,6; 2 – минимальный ресурсосберегающий (без основной обработки, предпосевное фрезерование на глубину 8–10 см); 3 – интенсивный глубокий (трехъярусная вспашка раз в 3 года, предпосевное фрезерование на глубину 8–10 см).

Системы удобрения представлены 4-мя фонами питания: естественным (без удобрений), умеренным – NPK (N65P70K65), программируемым – 2NPK (N130P140 K130), высоким – Нав + 2NPK (навоз 11.7 т/га + N130P140 K130).

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Перед закладкой опыта пахотный слой характеризовался следующими показателями: содержание гумуса – 1.61%, обще-

Таблица 1. Относительное содержание азота в урожае озимой пшеницы (среднее за 5 лет), % на сухое вещество

Вариант обработки почвы	Вариант удобрения			
	Без удобрения	2NPK	Навоз + 2NPK	Среднее в вариантах обработки
Традиционная (контроль)	1.82	2.00	1.9	1.95
	0.63	0.8	0.88	0.84
Минимальная ресурсосберегающая	1.63	1.92	1.83	1.88
	0.50	0.74	0.86	0.80
Интенсивная глубокая	1.78	2.02	1.95	1.98
	0.5	0.73	0.79	0.76

Примечание. Над чертой – содержание в зерне, под чертой – в соломе.

го азота – 0.1%, подвижного фосфора – 4.0, обменного калия – 6.1 мг/100 г почвы, рН_{KCl} 5.0. Дважды было проведено известкование по полной гидролитической кислотности.

Основу Центра точного земледелия составляет полевой опыт общей площадью около 6 га по сравнительному изучению технологий точного и традиционного земледелия в четырехпольном зернопропашном севообороте с чередованием культур: викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. В опыте изучают 2 фактора – технологии возделывания полевых культур (фактор *A*) и приемы основной обработки почвы (фактор *B*). В настоящей статье рассмотрен только фактор *B*. Схемой опыта предусмотрены следующие приемы основной обработки почвы: отвальная на глубину 20–22 см под все культуры севооборота, которую изучали в сравнении с нулевой (без обработки) под викоовсяную смесь и озимую пшеницу, и минимальная на глубину 12–14 см под картофель и ячмень. Культуры возделывали с применением минеральных комплексных удобрений (нитрофоски) с предпосевным внесением в дозе 300 кг/га под вику + овес, озимую пшеницу и ячмень, 1 т/га – под картофель в расчете на соответствующую планируемую урожайность. Помимо этого, под озимую пшеницу применяли 2 подкормки аммиачной селитрой в дозе N70 каждая [3–6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что содержание азота в основной и побочной продукции зависело от систем обработки почвы и от доз внесенных удобрений (табл. 1).

В варианте с минимальной ресурсосберегающей обработкой, в котором проводили только предпосевное фрезерование, отмечено заметное по сравнению с другими обработками снижение содержания азота в зерне озимой пшеницы. При-

чем эта закономерность была характерна как для удобренных, так и неудобренных вариантов. Если в вариантах традиционной и интенсивной глубокой обработок содержание азота в зерне составило соответственно 1.82 и 1.78%, то в варианте с фрезерованием оно было равно 1.63%. В среднем для 2-х фонов удобрения в варианте с минимальной ресурсосберегающей обработкой содержание азота в зерне снизилось на 3.7 и 5.3% по сравнению с контролем и интенсивной глубокой обработкой соответственно.

В соломе отмечено снижение содержания азота на фонах без удобрений и удобренном при замене ежегодной вспашки предпосевным фрезерованием с 0.63 до 0.5% и с 0.84 до 0.80% соответственно.

Установленная закономерность имеет принципиальное значение, т.к. свидетельствует об определенной направленности синтеза и минерализации азотосодержащих органических веществ при уменьшении глубины обработки почвы.

Более объективным показателем оптимизации условий питания растений является общий вынос урожая азота, а также его затраты на создание 1 т зерна и соответствующего количества соломы.

Общий вынос азота на естественном фоне питания в варианте с минимальной ресурсосберегающей обработкой составил в сумме за 5 лет 206 кг/га. Увеличение глубины и интенсивности обработки ускорило процесс минерализации органического вещества почвы, что выразилось в увеличении выноса азота в вариантах ежегодной отвальной обработки и сочетания трехъярусной вспашки с фрезерованием (табл. 2). Дополнительный вынос азота в этих вариантах на удобренном фоне составил 47 кг/га, на удобренном – соответственно 71 и 31 кг/га.

Фрезерование, улучшая водно-воздушный режим почвы, способствует усилению биологической активности и тем самым положительно влияет на мобилизацию элементов питания растений. Однако потребность в элементах питания озимой пшеницы осенью невелика, составляет порядка 7–10% от их максимального выноса. По-

Таблица 2. Вынос азота озимой пшеницей при разных технологиях возделывания, кг/га

Вариант обработки почвы	Фон питания		
	естественный	программируемый	высокий
Традиционная	51	102	126
Минимальная ресурсосберегающая	41	99	110
Интенсивная глубокая	51	102	110

Таблица 3. Нормативный вынос азота озимой пшеницей (среднее за 5 лет), кг/га

Вариант обработки почвы	Затраты азота на 1 т продукции, кг	Соотношение N : P : K		
		N	P	K
Традиционная	38.1	2.5	1.0	1.9
Минимальная ресурсосберегающая	34.2	2.1	1.3	1.7
Интенсивная глубокая	35.4	2.2	1.0	1.8

этому усвоить минеральный азот, накопленный почвой к осени, растения озимой пшеницы не могут. В весенне-летний период озимая пшеница росла и развивалась примерно в одинаковых усло-

виях во всех изученных вариантах обработки почвы. Кроме того, в варианте с минимальной ресурсосберегающей обработкой условия превращения органического вещества почвы были с отчетливо выраженной аккумуляционной направленностью.

Общий вынос элементов питания культурами – величина непостоянная. Поэтому для определения дозы удобрений под планируемый урожай, а также установления в ней элементов питания используют более стабильный показатель – вынос азота единицей основной и побочной продукции.

Данные, характеризующие зависимость затрат азота на создание 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции, от доз удобрений и приемов обработки почвы, представлены в табл. 3. Озимая пшеница в среднем для 3-х фонов удобрения на создание 1 т зерна с соответствующим количеством соломы в варианте с традиционной обработкой затрачивала 38.1 кг N, при соотношении 2.5 N : 1.0 P : 1.9 K. В варианте с фрезерованием вынос азота снизился на 3.9 кг. В вариантах 2 и 3 на единицу усвоенного фосфора потребление азота и калия несколько снизилось. Таким образом, нормативные показатели выноса азота единицей основной и побочной продукции, а также соотношение N : P : K свидетельствовали о необходимости дифференцированного подхода при установлении доз удобрения для отдельных культур севооборота.

Таблица 4. Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на урожайность (среднее за 5 лет), т/га

Вариант обработки почвы	Фон питания			
	естественный	умеренный	программируемый	высокий
Традиционная	2.49	3.46	4.02	4.74
Минимальная ресурсосберегающая	2.45	3.47	3.84	4.61
Интенсивная глубокая	2.60	3.62	4.14	4.44
Среднее для фонов питания	2.51	3.52	4.00	4.60

Таблица 5. Баланс азота в зернопропашном севообороте (среднее за ротацию), кг/га

Обработка почвы	Культура	Поступление, кг/га					Вынос с ОП+ПП, кг/га	Баланс, кг/га
		МУ	ПП	ПКО	ПС	Всего		
Отвальная	Викоовсяная смесь	32	77	43	–	152	116	+36
	Озимая пшеница	102	–	48	–	150	206	–56
	Картофель	160	21	30	15	226	226	0
	Ячмень	32	115	39	–	186	195	+10
За ротацию		326	213	160	15	714	744	–30
Минимальная	Викоовсяная смесь	32	76	49	–	157	133	+24
	Озимая пшеница	102	–	48	–	150	181	–31
	Картофель	160	37	41	12	250	197	+53
	Ячмень	32	115	49	–	186	208	+22
За ротацию		326	228	177	12	743	819	+24

Примечание. ОП – основная продукция, ПП – побочная продукция, МУ – минеральные удобрения, ПКО – пожнивно-корневые остатки, ПС – поживной сидерат.

Таблица 6. Поступление элементов питания с растительными остатками и их вынос урожаем культур севооборота (среднее за 2014–2018 гг.), кг/га

Культура	Обработка почвы	Азот		Фосфор		Калий	
		поступление*	вынос	поступление*	вынос	поступление*	вынос
Викоовсяная смесь	отвальная	125	133	35	36	108	112
	нулевая	120	116	27	31	80	104
Озимая пшеница	отвальная	159	206	26	31	69	104
	нулевая	57	181	18	53	58	115
Картофель	отвальная	106	226	25	72	164	139
	минимальная	90	197	22	66	137	120
Ячмень	отвальная	154	196	112	36	64	74
	минимальная	154	208	91	38	69	88

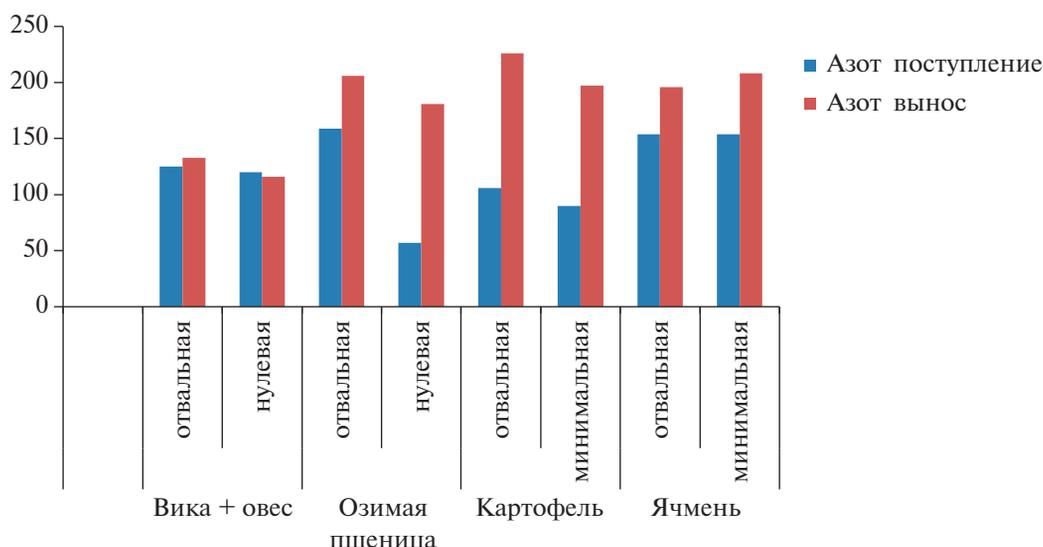
*Поступило в почву с растительными остатками культур севооборота, в т.ч. с сидератом под картофель [7].

Разнообразное сочетание технологических приемов возделывания озимой пшеницы оказало неодинаковое влияние на ее урожайность (табл. 4). Установлено, что характер баланса элементов питания в почве под культурами зернопропашного севооборота определялся дозами применения минеральных удобрений, количеством элементов питания, поступающих с побочной продукцией, количеством пожнивно-корневых остатков и сидерата в виде горчицы белой под картофель. Система обработки почвы (отвальная и минимальная) также оказывала влияние на баланс элементов питания через изменение скорости разложения органических остатков.

Внесение N32 в составе нитрофоски под ячмень и викоовсяную смесь в сочетании с дополнительным поступлением азота с растительными остатками после уборки предшественников в раз-

мере 196 и 116 кг N/га соответственно обеспечило слабо положительный баланс азота в почве под этими культурами. Увеличение дозы внесения азота до N102 под озимую пшеницу и поступление 48 кг N/га с поукосно-корневыми остатками предшествующей викоовсяной смеси на корм не в полном объеме обеспечили потребность растений, дефицит азота составлял 30 кг при отвальной обработке и 31 кг/га – при прямом посеве.

Внесение N160 с минеральными удобрениями и поступление 66 кг N/га с органическими остатками формировало нулевой баланс азота при возделывании картофеля в варианте вспашки и положительный баланс (+53 кг N/га) в варианте минимальной обработки (табл. 5). В вариантах отвальной обработки почвы на глубину 20–22 см в сумме за ротацию с различными компонентами (соломой, ботвой, пожнивно-корневыми остат-

**Рис. 1.** Поступление азота с растительными остатками и его вынос урожаем культур севооборота (среднее за ротацию), кг/га.

ками и минеральными удобрениями) поступало 714 кг N/га, отчуждалось – 744 кг/га, что формировало дефицитный баланс.

При минимальной обработке, включавшей дискование на глубину 12–19 см под ячмень и прямой посев однолетних бобово-злаковых трав и озимой пшеницы, вынос азота основной и побочной продукцией был на 3.3% меньше поступления, что характеризовало баланс как слабоположительный.

Важно было проследить количество поступивших с пожнивными остатками полевых культур элементов питания в почву и определить их вынос урожаем (табл. 6). Следует отметить, что поступление азота с растительными остатками только для викоовсяной смеси превышало его вынос из почвы, для остальных культур севооборота отмечен дефицит азота как элемента питания, который покрывался за счет внесения перед посевом минеральных комплексных удобрений (рис. 1). Наибольший дефицит азота отмечен для картофеля, несмотря на заделку горчицы на сидерат с осени под культуру. В связи с этим под картофель вносили минеральные удобрения порядка 1 т/га, что позволило покрыть дефицит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты многолетних исследований показали, что решающим фактором в технологиях возделывания озимой пшеницы является уровень минерального питания. Стабилизация урожайности озимой пшеницы существенно возрасла,

независимо от метеорологических условий, при применении интенсивной глубокой системы обработки почвы и высокого фона питания. Но в годы с достаточным количеством осадков преимущество имела традиционная технология возделывания озимой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земледелие: учебник / Под ред. Баздырева Г.И. М.: Колос, 2008. 416 с.
2. Матюк Н.С., Шевченко В.А. Баланс азота, фосфора и калия в зернопропашном севообороте // Докл. РАСХН. 2003. № 6. С. 19–22.
3. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева // Изв. ТСХА. 2011. Вып. 6. С. 90–100.
4. Беленков А.И., Полин В.Д., Железова С.В. Результаты полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева // Нивы России. 2018. № 5 (160). С. 42–57.
5. Belenkov A., Mazirov M., Arefieva V. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia // Euras. J. Soil Sci. 2018. № 7(4). P. 300–307.
6. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия // Картофель и овощи. 2019. № 6. С. 30–34.
7. Малахов Н.В. Эффективность разноглубинной заделки пожнивного сидерата и соломы в повышении плодородия почвы и продуктивности севооборота в ЦР НЧЗ: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2019. 22 с.

Influence of Fertilizers and Soil Treatment Methods on Nitrogen Removal by Winter Wheat and Crop Rotation Crops

V. A. Shevchenko^a and A. I. Belenkov^{a, #}

^a Russian State Agrarian University–K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy
Timiryazevskaya ul. 49, Moscow 127550, Russia

[#]E-mail: belenokaleksis@mail.ru

The results of many years of research have shown that the decisive factor in the cultivation of winter wheat is the level of mineral nutrition, and when using an intensive deep system of soil treatment and a high background of nutrition, the crop yield increased. In years with sufficient precipitation, the traditional technology of winter wheat cultivation had an advantage. The individual elements of biological agriculture in a field experiment of Center for precision agriculture associated with conducting crop sowing of mustard for green manure after harvest of winter wheat for the crop of potatoes next year, post-harvest straw of winter wheat and barley, incorporation into the soil of crop residues of all crops grain crop rotation.

Key words: crop rotation, nitrogen fertilizers, nitrogen balance, nitrogen utilization coefficients, sod-podzolic soil, grain crop rotation, plant residues, siderate, intake and removal of nutrition elements.