

**БАЛАНС АЗОТА В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С АЗОТНЫМИ ПОДКОРМКАМИ И СОДЕРЖАНИЕМ В ПОЧВЕ ГУМУСА****В. Б. ВОРОБЬЕВ, В. В. КОЗЛОВА***УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407**(Поступила в редакцию 29.01.2021)*

*В исследованиях, проведенных методом микроплощадок в производственных посевах озимой пшеницы учебно-опытного хозяйства УО БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что баланс азота в почве зависит не только от дозы азотного удобрения, но и от ее гумусированности. В зависимости от вариантов опыта содержание азота в зерне находилось в пределах от 1,75 до 2,07; в соломе – от 0,32 до 0,48 % от массы сухого вещества. Оно практически не зависело от содержания в почве гумуса и определялось в первую очередь дозой азотного удобрения и величиной урожайности. Предложены уравнения полиномиальных линий тренда, характеризующие изменение урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве гумуса при разных дозах азотного питания, показана трендовая модель интенсивности хозяйственного баланса азота. При всех уровнях азотного питания наиболее высокий хозяйственный вынос азота отмечен на делянках с содержанием гумуса около 2,00 %. На всех уровнях гумусированности почвы хозяйственный баланс азота на делянках без применения азотных удобрений был отрицательным. Ранневесенняя азотная подкормка в дозе  $N_{90}$  обеспечила отрицательное значение данного показателя в интервале гумусированности почвы от 1,10 до 3,10 %. В варианте с применением второй азотной подкормки при содержании в почве гумуса от 1,40 до 2,60 %, третьей – 1,80–2,20 %.*

*В вариантах опыта без азотных подкормок и с дозами азота  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$ ,  $N_{90+30+30}$  наименьшая интенсивность хозяйственного баланса азота (соответственно 40,56; 102,5; 108,1; 114,6 %) была получена при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %.*

**Ключевые слова:** *Озимая пшеница, азотные подкормки, урожайность зерна, содержание гумуса, баланс азота.*

*In studies carried out by the method of micro-plots in production crops of winter wheat at the educational and experimental farm of Belarusian State Agricultural Academy on sod-podzolic light loamy soil, it was found that nitrogen balance in the soil depends not only on the dose of nitrogen fertilizer, but also on its humus content. Depending on the variants of the experiment, the nitrogen content in the grain ranged from 1.75 to 2.07; in straw – from 0.32 to 0.48 % of dry matter mass. It practically did not depend on the content of humus in the soil and was determined primarily by the dose of nitrogen fertilization and the value of the yield. Equations of polynomial lines of trend are proposed that characterize the change in grain yield of winter wheat depending on the content of humus in the soil at different doses of nitrogen nutrition; a trend model of the intensity of economic balance of nitrogen is shown. At all levels of nitrogen nutrition, the highest economic nitrogen removal was noted on plots with a humus content of about 2.00 %. At all levels of soil humus content, the economic balance of nitrogen on plots without the use of nitrogen fertilizers was negative. Early spring nitrogen fertilization at a dose of  $N_{90}$  provided a negative value of this indicator in the range of soil humus content from 1.10 to 3.10 %. In the variant with the second nitrogen fertilization, the content of humus in the soil ranged from 1.40 to 2.60 %, the third – 1.80–2.20 %.*

*In the variants of the experiment without additional nitrogen fertilization and with doses of nitrogen of  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$ ,  $N_{90+30+30}$ , the lowest intensity of economic balance of nitrogen (respectively 40.56; 102.5; 108.1; 114.6 %) was obtained with the soil humus content of 2.00–2.20 %.*

**Key words:** *winter wheat, nitrogen fertilization, grain yield, humus content, nitrogen balance.*

**Введение**

Озимая пшеница одна из культур, которая требовательна к азотному питанию. Недостаток азота особенно на ранних стадиях критичен для урожая, а избыток – вреден. Поэтому создание оптимальных условий питания в течение вегетации имеет важное значение для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Если дозы и сроки внесения азотного удобрения подобраны правильно, то азот внесенный с минеральными удобрениями хорошо усваивается растениями. В итоге растения формируют высокий урожай с хорошим качеством и большую массу растительных остатков [5].

В литературе накоплено большое количество данных о формировании баланса азота под разными культурами [1, 3, 4]. Вместе с тем очень мало информации, говорящей о том, как содержание в почве гумуса влияет на его приходную и расходную статьи. Азот используется растениями не только из удобрений, но и из почвы. Его основные запасы сосредоточены в органическом веществе. Соответственно, чем больше в почве содержится гумуса, тем больше азота используется из почвы, что в конечном итоге оказывает существенное влияние на баланс этого элемента. Именно поэтому целью наших исследований было изучить, как различные дозы азотного удобрения в посевах озимой пшеницы влияют на баланс азота в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса.

Баланс азота мы рассчитывали путем сопоставления количества данного элемента, поступившего в почву, с его расходом на создание урожая и непроизводительными потерями. При этом его значение выражали как в абсолютных величинах, так и отношением прихода азота к его расходу, выраженном в

процентах. При расчетах приходной статьи учитывали поступление азота с минеральными удобрениями, поступление симбиотического азота, приход с осадками и семенами. Расходная статья включала в себя вынос азота с урожаем основной и побочной продукции, его потери за счет вымывания и денитрификации и выноса с сорняками [6].

#### Основная часть

Исследования проводились в 2012, 2015 и 2016 гг. методом микроплощадок [2] в производственных посевах озимой пшеницы учебно-опытного хозяйства УО БГСХА.

Для этого были подобраны два поля с выровненным рельефом и автоморфными условиями увлажнения, расположенные на почве одного генезиса и имеющие одинаковую историю. Почва опыта дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессе.

Ежегодно на одном из подобранных полей с существенным различием в содержании гумуса выделялся массив опытного участка протяженностью около 1 км и шириной 60 м, на котором на фоне  $P_{60}K_{120}$ , внесенных в основную заправку изучались 3 варианта азотных подкормок:  $N_{90}$ ,  $N_{90+30}$  и  $N_{90+30+30}$ .

Первая подкормка проводилась в начале весенней вегетации растений, вторая и третья – в фазу конец кущения – начало выхода в трубку и в фазу флагового листа. Контролем служил вариант без азотных подкормок.

Объект исследования – озимая пшеница сорта Богатка. Предшественником являлся озимый рапс.

Норма высева озимой пшеницы – 5 млн всхожих семян на гектар.

Уход за посевами включал: обработку гербицидом «Марафон» и обработку фунгицидом «Рекс Дуо». В основную заправку под озимую пшеницу было внесено 2,4 ц/га аммонизированного суперфосфата и 2 ц/га хлористого калия.

На каждом варианте азотного удобрения было выделено по 36 учетных площадок размером 0,52 м<sup>2</sup>, с которых учитывали урожайность зерна и соломы, отбирались образцы почвы для анализа их гумусового состояния и агрохимических свойств.

Результаты исследований подвергнуты корреляционному анализу. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались между собой. В совокупности они оказали влияние на динамику формирования урожая и его конечную величину. Однако в целом агрометеорологические условия в годы закладки и проведения опытов можно охарактеризовать как благоприятные для роста и развития зерновых культур.

На основании результатов трех лет исследований были рассчитаны уравнения полиномиальных линий тренда изменения урожайности зерна озимой пшеницы, возделываемой на почве с различным содержанием гумуса при разных дозах азотного удобрения (табл. 1). Для этого в совокупности было использовано около 450 пар сравнения. При этом степень соответствия трендовой модели исходным данным характеризовалась коэффициентами аппроксимации ( $R^2$ ), находящимися в пределах от 0,62 до 0,63. Это говорит о том, что от 62 до 63 % всех изменений урожайности зерна озимой пшеницы были обусловлены изменением содержания в почве гумуса.

Таблица 1. Уравнения полиномиальных линий тренда изменения урожайности зерна озимой пшеницы (Y, ц/га) в зависимости от содержания в почве гумуса (X, %) при разных дозах азотного питания

Азотные подкормки, кг д.в./га	Уравнения полиномиальных линий тренда	Коэффициент аппроксимации, $R^2$	Интервал содержания в почве гумуса, %
Без подкормок	$Y = -12,604X^2 + 52,583X - 14,601$	0,62	1,0–3,0
$N_{90}$	$Y = -12,813X^2 + 52,795X - 5,5733$	0,63	1,0–3,2
$N_{90+30}$	$Y = -13,252 X^2 + 53,33X + 2,1084$	0,63	1,0–3,0
$N_{90+30+30}$	$Y = -11,685X^2 + 45,95X + 13,183$	0,63	1,0–3,4

Обобщение трехлетних данных, объединенных в один массив, показывает, что самая низкая урожайность была получена в вариантах без азотного удобрения и составила 25,4 ц/га (при содержании гумуса приблизительно около 1,0 %) (рис. 1). Оптимальное содержание гумуса, при котором была максимальная урожайность от 39,2 до 40,1 ц/га в данном варианте – 1,80–2,20 %.

Самая высокая урожайность была получена при внесении азота в дозе 110 и 150 кг/га д. в. и составила 55,8 и 57,3 ц/га д. в. при уровне гумусированности 2,00 %.

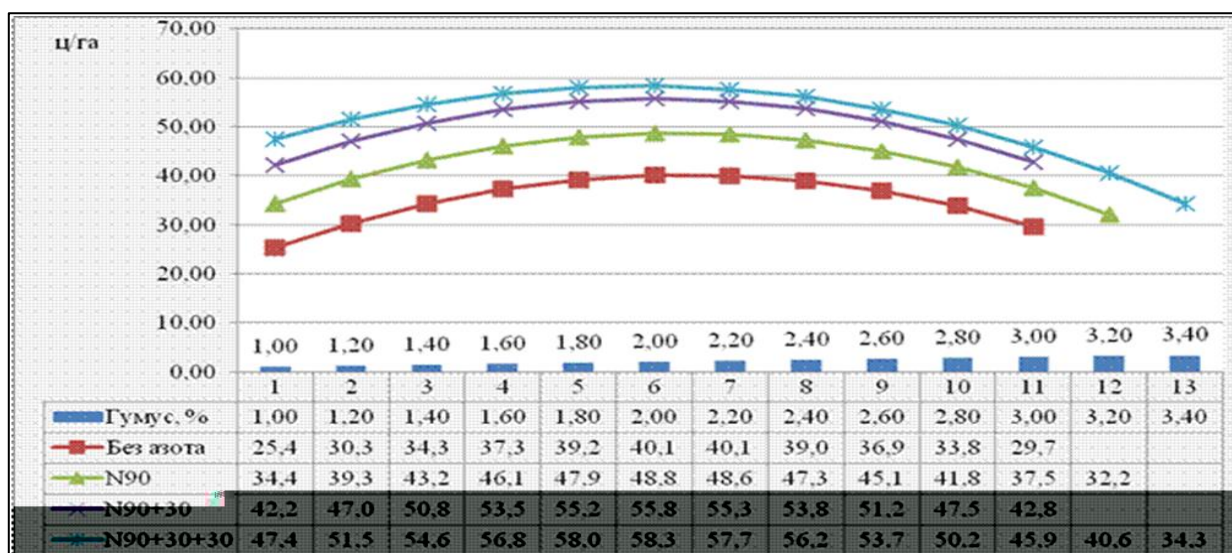


Рис. 1. Трендовая модель изменения урожайности зерна (ц/га) озимой пшеницы в зависимости от доз азотного удобрения и содержания в почве гумуса (%).

В наших исследованиях содержание азота в зерне составило в среднем от 1,75 до 2,07; в соломе – от 0,32 до 0,48 % от массы сухого вещества (табл. 2). Оно практически не зависело от содержания в почве гумуса и определялось в первую очередь дозой азотного удобрения. Соответственно вынос азота с урожаем озимой пшеницы определялся в большей степени урожайностью зерна и соломы и несколько меньшей – содержанием азота в продукции.

Таблица 2. Содержание азота в зерне и соломе озимой пшеницы при разных дозах азотных подкормок и статистические характеристики его количественной изменчивости

Азотные подкормки, кг д.в./га	Годы								В среднем N в зерне, % от массы сухого вещества
	2012				2015				
	N в зерне, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			N в зерне, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			
S <sup>2</sup>		V, %	S <sub>x</sub> , %	S <sup>2</sup>		V, %	S <sub>x</sub> , %		
Без подкормок	1,67±0,0669	0,0398	11,96	1,99	1,83±0,067	0,0411	11,07	1,84	1,75
N <sub>90</sub>	1,68±0,0443	0,0175	7,87	1,31	2,06±0,068	0,0417	9,93	1,65	1,87
N <sub>90+30</sub>	1,73±0,0584	0,0304	10,08	1,68	2,17±0,079	0,0564	10,94	1,83	1,95
N <sub>90+30+30</sub>	1,96±0,0848	0,0641	13,12	2,18	2,18±0,061	0,0327	7,94	0,94	2,07
Азотные подкормки, кг д.в./га	2012				2015				В среднем N в соломе, % от массы сухого вещества
	N в соломе, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			N в соломе, % от массы сухого вещества	Статистические характеристики			
		S <sup>2</sup>	V, %	S <sub>x</sub> , %		S <sup>2</sup>	V, %	S <sub>x</sub> , %	
Без подкормок	0,21±0,0274	0,0067	38,93	6,48	0,43±0,033	0,0098	23,12	3,85	0,32
N <sub>90</sub>	0,28±0,0309	0,0085	32,91	5,48	0,49±0,039	0,0138	24,06	4,01	0,38
N <sub>90+30</sub>	0,28±0,0374	0,0125	39,86	6,64	0,53±0,043	0,0161	23,95	3,99	0,41
N <sub>90+30+30</sub>	0,37±0,0360	0,0115	29,05	4,84	0,59±0,043	0,0165	21,75	3,63	0,48

Во всех вариантах опыта наиболее высокий хозяйственный вынос азота с урожаем (зерно+солома) был отмечен на делянках с содержанием гумуса около 2,00 % (табл. 3). В контрольных вариантах значение данного показателя было равно 99,6 кг/га. При ранневесенней азотной подкормке – 127,2 кг/га. При подкормке в фазу конец кушения – начало выхода в трубку – 148,4 кг/га, на фоне трех азотных подкормок – 166,1 кг/га. Увеличение гумусированности почвы до 3,00 % привело к снижению хозяйственного выноса азота с урожаем. Хозяйственный баланс азота в варианте без применения азотных подкормок был отрицательным (дефицитным). При минимальном содержании в почве гумуса 1,00 % значение данного показателя составило -57,1 кг/га. При содержании гумуса в почве 2,00–2,20 % хозяйственный баланс составил -86,6 кг/га. Увеличение содержания в почве гумуса от 1,00 до 2,00 % сопровождалось снижением данного показателя на 2,9 кг/га на каждые 0,10 % гумуса. Ранневесенняя азотная подкормка в дозе N<sub>90</sub> обеспечила положительный хозяйственный баланс (8,69 и 10,0 кг/га) лишь при гумусированности почвы 1,00 и 3,20 %. При содержании в почве гумуса от 1,20 до 3,00 % данный показатель был отрицательным.

В варианте с применением второй азотной подкормки хозяйственный баланс азота был положительным (18,9, 6,04, 3,83, 13,6 кг д.в./га) при содержании в почве гумуса 1,00, 1,20, 3,00, 3,20 % соответственно. В интервале гумусированности от 1,40 до 2,6 % данный показатель был отрицательным.

Третья азотная подкормка обеспечила положительный хозяйственный баланс почти на всех уровнях гумусированности почвы, лишь только при содержании в почве гумуса от 1,80–2,20 % данный показатель был меньше нуля.

По мере увеличения содержания в почве гумуса до оптимального значения интенсивность хозяйственного баланса азота снижалась. Во всех вариантах опыта наименьший показатель был получен при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %, при таком содержании гумуса значение данного показателя составило 40,56; 102,5; 108,1; 114,6 % соответственно для вариантов опыта без азотных подкормок и с дозами азота N<sub>90</sub>, N<sub>90+30</sub>, N<sub>90+30+30</sub>.

Таблица 3. Трендовая модель интенсивности хозяйственного баланса азота в зависимости от доз азотного удобрения и содержания гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Показатели	Азотные подкормки	Содержание гумуса, %												
		1,0	1,20	1,40	1,60	1,80	2,0	2,20	2,40	2,60	2,80	3,0	3,20	3,40
Хозяйственный вынос азота	Без подкормок	70,1	80,1	88,2	94,1	97,9	99,6	99,6	97,6	93,7	88,0	80,5		
	N <sub>90</sub>	94,3	106,0	115,0	121,5	125,4	127,2	126,6	123,7	119,0	112,1	103,5	93,0	
	N <sub>90+30</sub>	114,1	127,0	136,7	143,4	147,3	148,4	147,0	143,2	137,2	129,2	119,4		
	N <sub>90+30+30</sub>	139,1	149,1	156,8	162,3	165,2	166,1	164,6	160,9	154,8	146,2	135,6	122,6	107,2
Хозяйственный баланс азота	Без подкормок	-57,1	-67,1	-75,2	-81,1	-84,9	-86,6	-86,6	-84,6	-80,7	-75,0	-67,5		
	N <sub>90</sub>	8,69	-2,98	-12,0	-18,5	-22,4	-24,2	-23,6	-20,7	-16,0	-9,14	-0,49	100	
	N <sub>90+30</sub>	18,9	6,04	-3,71	-10,4	-14,3	-15,4	-14,0	-10,2	-4,24	3,83	13,6		
	N <sub>90+30+30</sub>	23,9	13,9	6,19	0,72	-2,24	-3,06	-1,57	2,11	8,24	16,8	27,4	40,4	55,8
Интенсивность хозяйственного баланса азота	Без подкормок	57,59	50,42	45,81	42,92	41,28	40,56	40,56	41,41	43,13	45,94	50,17		
	N <sub>90</sub>	138,3	123,0	113,4	107,4	104,0	102,5	103,0	105,4	109,6	116,3	126,0	140,1	
	N <sub>90+30</sub>	140,6	126,3	117,3	111,8	108,9	108,1	109,2	112,0	116,8	124,2	134,4		
	N <sub>90+30+30</sub>	136,9	127,6	121,4	117,3	115,2	114,6	115,7	118,3	123,0	130,2	140,4	155,3	177,7

### Заключение

1. Содержание азота в зерне и соломе озимой пшеницы возрастало по мере увеличения дозы азотного удобрения и не зависело от гумусированности почвы.

2. Вынос азота с урожаем озимой пшеницы, а соответственно и его баланс определялся не только его содержанием в продукции, но урожайностью зерна и соломы и зависело от гумусированности почвы.

3. Самая низкая урожайность была получена в вариантах без азотного удобрения и составила 25,4 ц/га при содержании гумуса около 1,00 %. Максимальная урожайность была получена при оптимальном содержании гумуса 1,80–2,20 %.

4. Во всех вариантах опыта наибольший хозяйственный вынос азота был отмечен на учетных площадках с содержанием гумуса 2,00 %. При такой гумусированности почвы в варианте без азотных подкормок хозяйственный вынос азота составил 99,6 кг д.в./га, в варианте с дозой N<sub>90</sub>–127,2; N<sub>90+30</sub>–148,4 и N<sub>90+30+30</sub>–166,1 кг д.в./га.

5. По мере увеличения содержания в почве гумуса до оптимального значения интенсивность хозяйственного баланса азота снижалась. Во всех вариантах опыта наименьшее значение данного показателя было получено при гумусированности почвы от 2,00–2,20 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аркуша, В. Е. Влияние длительного возделывания на неудобренном фоне культур зерносвекловичного севооборота на их урожай и агрохимические показатели чернозема деградированного / В. Е. Аркуша, А. И. Буджерак // Агрохимия. – 1998. – № 11. – С. 11–17.

2. Воробьев, В. Б. Методика закладки полевого опыта на почве с различным уровнем содержания гумуса. Рекомендации для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов учебных заведений агроэкологического профиля / В. Б. Воробьев, Г. В. Седукова. – Горки, 2018. – 20 с.

3. Кадыров, М. А. Многолетние травы основная база для производства травяных кормов / М. А. Кадыров, П. П. Васько // Земляробствааховараслін. – 2006. – №3. – С. 11–13.

4. Кулаковская, Т. Н. Влияние условий питания на химический состав растений / Т. Н. Кулаковская, Т. В. Позняк // Почвоведение и агрохимия. – Минск: Ураджай, 1975. – Вып. 12. – С. 111–120.

5. Лапа В. В., Кулеш О. Г., Лопух М. С. Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа, О. Г. Кулеш, М. С. Лопух // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51) – С. 143–150.

6. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Минск. – 2007. – 24 с.