

11. Gianquinto, G.R. Nitrate content in vegetable crops as affected by soil characteristics, rate and type of fertilization/G.R. Gianquinto, M. Borin // Proc. II ESA Congress, Warwick. – 1993. – P. 256–257.
12. Pansare, P.D. Effects of different NPK ratios on yield and quality of tomato / P.D. Pansare, B.B. Desai, U.D. Chavan // J. Maharashtra Agr. Univ. – 1994. – V. 19. – № 3. – P. 462–463.
13. ГОСТ – 28561–90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 17 с.
14. Горовая, Т.К. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения содержания сахара / Т.К. Горовая, В.Е. Барсукова. – № 31 0049712403. – 2001. – 7 с.
15. ГОСТ – 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 18 с.
16. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.417.2:633.11"324":631.84:[631.445.24+631.442.4]

## БАЛАНС ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

В.Б. Воробьев, кандидат с.-х. наук, С.И. Ласточкина, ассистент  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 04.06.2015 г.)

*В статье приведены результаты изучения влияния уровня ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на баланс гумуса в посевах озимой пшеницы.*

*Установлено, что наибольшие прибавки запасов гумуса обеспечивает уровень ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы 180 кг/га с двумя дополнительными подкормками азотным удобрением. При таких условиях азотного питания формируется положительный баланс гумуса – от +208,0 кг/га на фоне первой ранневесенней азотной подкормки до +501,9 кг/га на фоне трех азотных подкормок. Возделывание озимой пшеницы при уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в 120, 140 и 200 кг/га приводит к существенным потерям гумуса.*

### Введение

Общеизвестно, что содержание гумуса является одним из самых важных показателей почвенного плодородия. При длительном использовании почв в качестве пашни гумус непрерывно минерализуется, а содержащиеся в нем элементы питания, и в первую очередь азот, отчуждаются с урожаем. В связи с этим возникает необходимость регулирования количества гумуса в почве и создания условий для обеспечения его бездефицитного баланса [3, 4]. Основным источником пополнения в почве гумуса являются органические удобрения. Минеральные удобрения снижают потери гумуса, а при определенных условиях даже могут способствовать поддержанию его количества на исходном уровне, что в первую очередь связано с увеличением массы пожнивных и корневых остатков. К сожалению, в литературе практически нет данных о роли азотных удобрений в формировании баланса гумуса в почве. Не ясно, как дозы азотного удобрения влияют на его приходную и расходную статьи. Именно поэтому одной из задач наших исследований было изучить влияние различных уровней азотного питания на урожайность и массу послеуборочных остатков озимой пшеницы, а также баланс гумуса в почве.

### Методика исследований

Исследования проводили в 2005–2008 гг. на территории учебно-опытного хозяйства УО БГСХА. Объектом исследований являлась озимая пшеница среднестебельного сорта Капылянка. Предшественник – озимый рапс. Норма высева семян озимой пшеницы составила 5 млн. всхожих семян на гектар или 250 кг/га. В качестве подкормок использовали аммиачную селитру –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (34,5 %

*The results of the research into the effect of prevernal level of mineral nitrogen supply on the balance of humus in winter wheat crops in the layer of sod-podzol sandy loam soil 0–60 cm deep are given in the article.*

*It was discovered that the greatest rise in supply of humus is provided by the level of prevernal mineral nitrogen supply of 180 kg/ha in the soil layer 0–60 cm deep with two extra dressings of nitrogen fertilizers. The positive balance of humus from 208,0 kg/ha against the first prevernal nitrogen dressing to 501,9 kg/ha against the three nitrogen dressings is formed due to the nitrogen supply. The cultivation of winter wheat at the level of prevernal mineral nitrogen supplies of 120, 140 and 200 kg/ha leads to a substantial loss of humi.*

N). Контрольным вариантом служили делянки без внесения азотного удобрения (фон-ПК).

Почва опытных участков: дерново-подзолистая, обыкновенная, среднеокультуренная, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м с прослойкой песка на контакте. В годы исследований почва характеризовалась близкой к нейтральной реакцией среды. Она содержала 1,74–2,56 % гумуса, 151–181 мг/кг подвижных соединений фосфора и 100–166 мг/кг подвижных соединений обменного калия. Индекс агрохимической окультуренности почвы колебался в пределах 0,65–0,72.

Опыт был заложен в четырехкратной повторности по фону фосфорных и калийных удобрений ( $\text{N}_{14}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ ), внесенных осенью в основную заправку. Общая площадь опыта составила 1040 м<sup>2</sup>, общая площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>, учётная площадь – 16,6 м<sup>2</sup>.

Ранней весной, в период начала весенней вегетации, отбирали пробы почвы для определения запасов минерального азота в 0–60 см слое. При этом отбор проб почвы производили буром диагональным способом послойно в трехкратной повторности: для пахотного горизонта почвы – в слое 0–20 см; подпахотного – 20–40 см и отдельно – в слое почвы 40–60 см.

На основании результатов почвенной диагностики, проведенной в ранневесенний период, были рассчитаны дозы для первой ранневесенней (применяемой после перезимовки посевов) азотной подкормки (таблица 1).

Ранневесеннюю подкормку озимой пшеницы проводили после окончания поверхностного и внутрипочвенного стока избыточной влаги. В это время растения начали активно вегетировать, а среднесуточная температура воздуха превысила +5 °С.

Доза первой ранневесенней азотной подкормки была рассчитана [7] с учётом запасов минерального азота в 0–60 см слое почвы по уравнению:

$$D = N - (N_{\text{аммонийный}} + N_{\text{нитратный}}), \text{ кг/га}$$

где,  $D$  – доза азотного удобрения, кг/га действующего вещества;

$N$  – создаваемый запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га;

$N_{\text{аммонийный}}$  – запас аммонийного азота в 0–60 см слое почвы, кг/га;

$N_{\text{нитратный}}$  – запас нитратного азота в 0–60 см слое почвы, кг/га.

С помощью первой азотной подкормки в ранневесенний период в посевах озимой пшеницы создавали пять уровней запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы: 120, 140, 160, 180 и 200 кг/га. На этих уровнях изучали эффективность первой и второй дополнительных азотных подкормок.

Вторую азотную подкормку проводили в фазе конца кущения – начало выхода в трубку (стеблевание), перед появлением первого узла; третью – в фазе выхода в трубку – начало колошения. Потребность растений во второй и третьей подкормках устанавливали по результатам стеблевой растительной диагностики с использованием реактива дифениламина в серной кислоте [8], при этом дозу азотных подкормок определяли по шкале, разработанной в Германии в НИИ питания растений [10, 11]. Во всех случаях она составила 30 кг/га д.в.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Уход за посевами озимой пшеницы включал обработки: в фазе кущения – гербицидом Марфон, в начале фазы колошения – фунгицидом Бампер-супер, в фазе колошения – фунгицидом Рекс Дуо [2].

Учет урожая зерна и соломы проводили методом

пробного снопа. Урожай соломы определяли по разности между общей массой урожая перед обмолотом снопа и массой зерна. Урожай зерна учитывали в фазе полной спелости, пересчитывали на 100 % чистоту и приводили к 14 % влажности. Массу послеуборочных остатков определяли в 20 см слое почвы по Н.З. Станкову с последующей декантацией, при этом стерневые остатки обрезали на высоте 10 см [2].

### Результаты исследований и их обсуждение

Все наблюдения за балансом гумуса очень трудоемки, а оценка его по фактическому содержанию в почвах требует длительного времени. Поэтому в наших исследованиях был использован расчетный метод, в основу которого положен показатель выноса сельскохозяйственными культурами почвенного азота [5, 6]. Пользуясь этой методикой, вначале было рассчитано, сколько азота использовано растениями из удобрений (таблица 2).

Коэффициенты использования элементов питания из удобрений ( $K_y$ ) были рассчитаны [1] по приведенной формуле:

$$K_y = [(B_y - B_0) / D_y] \times 100, \%$$

где,  $B_y$  – вынос элемента питания с урожаем на удобренном участке, кг/га;

$B_0$  – вынос элемента с урожаем на участке без удобрения, кг/га;

$D_y$  – количество элемента питания, внесенное с удобрением, кг/га.

Известно, что коэффициент использования питательных веществ из удобрений (КИУ) показывает долю их потребления растениями от общего количества вносимого с удобрением элемента питания на создание прироста урожая. Кроме того, степень их усвоения растениями из почвенных запасов или внесенных удобрений зависит от многих факторов – плодородия

Таблица 1 – Дозы азотных удобрений, внесенных за вегетацию растений озимой пшеницы

Создаваемый уровень ранневесеннего запаса минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га д.в.	Азотные подкормки, кг/га д.в.												Всего азота (в среднем), кг/га д.в.
	2006 г.				2007 г.				2008 г.				
	1*	2	3	всего азота в подкормки	1*	2	3	всего азота в подкормки	1*	2	3	всего азота в подкормки	
120	37			37	25			25	72			72	44,7
	37	30		67	25	30		55	72	30		102	74,7
	37	30	30	97	25	30	30	85	72	30	30	132	104,7
140	57			57	45			45	92			92	64,7
	57	30		87	45	30		75	92	30		122	94,7
	57	30	30	117	45	30	30	105	92	30	30	152	124,7
160	77			77	65			65	112			112	84,7
	77	30		107	65	30		95	112	30		142	114,7
	77	30	30	137	65	30	30	125	112	30	30	172	144,7
180	97			97	85			85	132			132	104,7
	97	30		127	85	30		115	132	30		162	134,7
	97	30	30	157	85	30	30	145	132	30	30	192	164,7
200	117			117	105			105	152			152	124,7
	117	30		147	105	30		135	152	30		182	154,7
	117	30	30	177	105	30	30	165	152	30	30	212	184,7

Примечание – \*С помощью первой ранневесенней азотной подкормки в начале вегетации растений создавались изучаемые запасы минерального азота в 0–60 см слое почвы.

почвы, климатических условий и биологических особенностей сельскохозяйственных культур. В зонах с достаточным увлажнением КИУ варьирует в пределах 40–70 % [1].

В наших исследованиях наибольшее использование азота удобрений биомассой озимой пшеницы (в основном за счет потребления азота зерном – 61,5 %) отмечено при уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве 180 кг/га с одной дополнительной подкормкой азотным удобрением – в среднем 97,8 %. На этом же уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве, но с двумя дополнительными подкормками, отмечено и максимальное использование азота удобрений растительными остатками – в среднем 18,4 %.

Следует отметить, что превышение этого уровня азотного питания на 20 кг/га вызвало снижение использования азота из удобрений зерном и растительными остатками. Так, в аналогичных условиях (200 кг/га с одной дополнительной подкормкой азотным удобрением) использование азота зерном составило в среднем 39,0 %, что оказалось ниже на 22,5 %, в то время как растительными остатками было использовано всего 8,4 %.

По разности между количеством азота, аккумулированного в биомассе озимой пшеницы, и количеством азота, используемым пшеницей из минеральных удобрений, мы рассчитали, сколько азота растения использовали из почвы. Учитывая, что почти весь азот почвы аккумулирован в гумусе, и что в гумусе содержится в среднем около 5 % азота, мы рассчитали его потери (таблица 3). Они оказались наименьшими на уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в почве 160 и 180 кг/га при одной дополнительной подкормке азотным удобрением – соответственно 273,6 и 83,5 кг/га, а наибольшими (2085,1 кг/га) – в варианте без применения азотных удобрений.

В наших исследованиях приходная статья баланса гумуса возрастала по мере увеличения уровня ранневесеннего запаса минерального азота в почве до уровня

азотного питания 180 кг/га. Как и следовало ожидать, наименьшим (258 кг/га) этот показатель был в варианте без внесения азотного удобрения и наибольшим (620 кг/га) при уровне азотного питания 180 кг/га с двумя дополнительными азотными подкормками.

Сопоставление приходной и расходной статей показало, что положительный баланс гумуса из всех вариантов опыта складывается только на уровнях ранневесеннего запаса минерального азота в почве 160 и 180 кг/га. Расчеты показывают, что на уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве 160 кг/га при массе послеуборочных остатков 2,16 т/га будет образовано 432 кг/га гумуса, что поспособствовало формированию приходной части баланса гумуса (28,8 кг/га). При этом дополнительная азотная подкормка, проведенная в фазе конец кущения – начало выхода в трубку, позволила увеличить баланс гумуса на 87,6 % (232,4 кг/га).

Вместе с тем, на этом уровне азотного питания (160 кг/га) вторая дополнительная азотная подкормка, проведенная в фазе выхода в трубку – начало колошения, несколько уменьшила (на 10,3 %) приходную часть баланса гумуса, который составил в итоге 208,4 кг/га.

Иная закономерность наблюдалась при уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве 180 кг/га. В этих условиях происходило увеличение приходной статьи баланса гумуса с каждой дополнительной подкормкой азотным удобрением, проведенной в дозе 30 кг/га действующего вещества. После первой ранневесенней азотной подкормки приходная часть баланса гумуса составила в среднем 208 кг/га, вторая азотная подкормка увеличила этот показатель на 57,2 % (486,5 кг/га), а, в свою очередь, третья – всего на 3,1 %, что равнялось 501,9 кг/га. Так, при максимальной урожайности (7 т/га зерна) и наибольшей массе растительных остатков (3,10 т/га) было использовано большее количество азота из удобрений (160,6 кг/га д.в.) и меньшее (4,1 кг/га д.в.) – из почвы, что позволило увеличить количество гумуса в почве (620 кг/га) и,

Таблица 2 – Использование растениями озимой пшеницы азота из удобрений

Ранневесенний запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га д.в.	Количество азотных подкормок	Урожайность (в среднем), т/га зерна	Использовано растениями озимой пшеницы азота из удобрений (в среднем за 2006–2008 гг.), %			
			зерном	соломой	растительными остатками	всего
Естественный (контроль)	без азотных подкормок	3,07	–	–	–	–
120	N	3,75	38,3	10,1	6,3	54,7
	N + N <sub>30</sub>	4,46	45,8	12,3	9,9	68,0
	N + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	4,95	43,7	12,3	11,2	67,2
140	N	4,29	49,0	12,8	10,2	72,0
	N + N <sub>30</sub>	5,14	53,2	16,4	13,0	82,6
	N + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	5,77	55,4	15,6	14,3	85,3
160	N	4,93	53,7	15,5	14,3	83,5
	N + N <sub>30</sub>	5,78	57,8	17,3	16,7	91,8
	N + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	6,41	58,7	16,6	16,4	91,7
180	N	5,52	57,4	16,5	16,5	90,4
	N + N <sub>30</sub>	6,42	61,5	18,6	17,7	97,8
	N + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	7,00	60,4	18,7	18,4	97,5
200	N	4,80	38,9	17,5	8,4	64,8
	N + N <sub>30</sub>	5,17	39,0	19,8	8,5	67,3
	N + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	5,38	37,6	19,9	8,4	65,9

Таблица 3 – Баланс гумуса в почве при возделывании озимой пшеницы на разных уровнях азотного питания (среднее, 2006–2008 гг.)

Ранневесенний запас минерального азота в 0–60 см слое почвы, кг/га д.в.	Количество азотных подкормок	Использовано растениями озимой пшеницы азота (кг/га д.в.) из		Минерализовалось гумуса, кг/га	Масса растительных остатков, т/га	Образовалось гумуса, кг/га	Баланс гумуса, кг/га
		удобрений	почвы				
Естественный (контроль)	без азотных подкормок	–	72,4	2085,1	1,29	258	–1827,1
120	N	24,4	20,3	584,6	1,57	314	–270,6
	N + N <sub>30</sub>	50,8	23,9	688,3	1,97	394	–294,3
	N+ N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	70,4	34,3	987,8	2,20	440	–547,8
140	N	46,6	18,1	521,3	1,87	374	–147,3
	N+ N <sub>30</sub>	78,2	16,5	475,2	2,23	446	–29,2
	N+ N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	106,4	18,3	527,0	2,50	500	–27,0
160	N	70,7	14,0	403,2	2,16	432	28,8
	N+ N <sub>30</sub>	105,2	9,5	273,6	2,53	506	232,4
	N+ N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	132,7	12,0	345,6	2,77	554	208,4
180	N	94,7	10,0	288,0	2,48	496	208,0
	N+ N <sub>30</sub>	131,8	2,9	83,5	2,85	570	486,5
	N+ N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	160,6	4,1	118,1	3,10	620	501,9
200	N	80,8	43,9	1264,3	1,99	398	–866,3
	N+ N <sub>30</sub>	104,1	50,6	1457,3	2,10	420	–1037,3
	N+ N <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>	121,8	62,9	1811,5	2,20	440	–1371,5

в конечном счете, получить максимальный его баланс – 501,9 кг/га.

Следовательно, при гумификации в среднем от 2,48 до 3,10 т/га растительных остатков озимой пшеницы в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве образуется 496–620 кг/га гумуса, что способствует поддержанию положительного баланса гумуса в пределах 208–501,9 кг/га.

При более высоком уровне ранневесеннего запаса минерального азота в почве (200 кг/га) сформировался отрицательный баланс гумуса (–866,3 кг/га), причем с каждой дополнительной подкормкой азотным удобрением этот показатель продолжал пропорционально снижаться. Это аргументируется тем, что с пожнивными и корневыми остатками в почву поступает только 40–50 % необходимого количества органического вещества.

Разумеется, приведенные данные имеют расчетный характер и требуют уточнения путем проведения длительных стационарных опытов. Тем не менее, они позволяют сделать вывод о том, что азотные удобрения являются одним из важных рычагов, с помощью которого можно не только получать высокие урожаи озимой пшеницы, но и эффективно управлять приходной и расходной статьями баланса гумуса в почве.

### Заключение

Баланс гумуса в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании озимой пшеницы на разных уровнях азотного питания зависит от уровня ранневесеннего запаса минерального азота в почве.

Максимальное использование азота растениями из удобрений (90,4–97,8 %) и наименьшие потери гумуса (83,5–288,0 кг/га) обеспечило возделывание озимой пшеницы при ранневесеннем запасе минерального азота в 0–60 см слое почвы на уровне 180 кг/га. На этом уров-

не ранневесеннего запаса минерального азота в почве (180 кг/га) отмечены и наибольшие прибавки запасов гумуса (от +208,0 кг/га на фоне первой ранневесенней азотной подкормки до +501,9 кг/га на фоне трех подкормок азотным удобрением).

Возделывание озимой пшеницы при более высоком и более низком ранневесеннем запасе минерального азота в почве ведет к существенным потерям гумуса.

### Литература

1. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: учебник для студ. высш. с.-х. учеб. заведений / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Лыков, А.М. Органическое вещество и плодородие дерново-подзолистых почв в условиях интенсивного земледелия / А.М. Лыков. – М., 1977. – 330 с.
4. Лыков, А.М. Органическое вещество и плодородие почвы / А.М. Лыков // Актуальные проблемы земледелия. – М.: Колос. – 1984. – С. 34–42.
5. Органическое вещество почв: метод. указания по проведению лаб. занятий и науч. исслед. / Белорус. с.-х. акад.; сост. В.Б. Воробьев, М.И. Иванова, М.М. Комаров; под ред. А.И. Горбылевой. – Горки, 1994. – 32 с.
6. Рекомендации для исследования баланса гумуса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв / ВАСХНИЛ и Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М., 1984. – 96 с.
7. Семененко, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск.: Белорус. изд. тов-во «Хата». – 1997. – 196 с.
8. Семененко, Н.Н. Методические указания по проведению комплексно-растительной диагностики азотного питания зерновых культур в БССР / Н.Н. Семененко, А.З. Денисова, А.Г. Корзун // Минск: Ураджай, 1988. – 30 с.
9. Церлинг, В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Наука. – 1978. – 216 с.
10. Muller, H.P. Operative. Bemessung der N-Dungung im Wintergetreidebau / H.P. Muller, G. Vielmeyer // Getreidewirtschaft. – 1985. – № 10. – S. 222–223.
11. Vielmeyer H. Operative Bemessung der 2 N-Gabe zu Wintergetreide mit dem Nitrat-Schnelltest / H. Vielmeyer, F. Jakob, D. Witter // Feldwirtschaft. – 1985. – №3 – S. 109–112.