

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ ГУМУСИРОВАННОСТИ И ДОЗ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ

В. Б. ВОРОБЬЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 10.09.2020)

В исследованиях, проведенных методом микроплощадок, установлено, что количество подвижных гумусовых веществ в почве зависит как от ее гумусированности, так и от дозы азотного удобрения. К моменту уборки зерна ячменя, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса от 1,2 до 2,4 % без применения азота, содержание углерода подвижных гумусовых веществ в почве находилось в пределах от 0,152 до 0,344 % и составило в среднем 0,248 %. Доза азота 80 кг/га, внесенная в основную заправку, увеличила содержание углерода подвижных гумусовых веществ в среднем до 0,285 %. Дополнительные азотные подкормки в конце фазы кущения–начале фазы выхода в трубку в дозах N₂₀, N₄₀ и N₆₀ уменьшили среднее содержание углерода подвижного гумуса соответственно до 0,239, 0,231 и 0,206 %. В интервале гумусированности почвы от 1,2 до 2,4 % увеличение содержания гумуса на 0,1 % на делянках без применения азотного удобрения сопровождалось увеличением содержания углерода подвижного гумуса на 0,016 %. При дозе азота N₈₀, N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ и N₈₀₊₆₀ в среднем на 0,015, 0,011, 0,009 и 0,008 % соответственно.

При этом по мере увеличения гумусированности почвы доля углерода подвижных гумусовых веществ в составе гумуса в контрольном варианте и в варианте с дозой азота 80 кг/га возросла, а при дозе азота N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ и N₈₀₊₆₀ – снижалась.

Ключевые слова: Дерново-подзолистая почва, дозы азота, содержание гумуса, содержание подвижных гумусовых веществ, доля подвижных гумусовых веществ в составе гумуса.

In studies carried out by the method of micro-plots, it was found that the amount of mobile humic substances in the soil depends on both its humus content and the dose of nitrogen fertilization. By the time of harvesting the grain of barley cultivated on sod-podzolic light loamy soil with a humus content of 1.2 to 2.4 % without the use of nitrogen, the carbon content of mobile humic substances in the soil ranged from 0.152 to 0.344 % and averaged 0.248 %. A nitrogen dose of 80 kg / ha, introduced into the main application, increased the carbon content of mobile humic substances to an average of 0.285 %. Additional nitrogen fertilization at the end of the tillering phase – the beginning of the stemming phase in doses of N₂₀, N₄₀ and N₆₀ reduced the average carbon content of mobile humus to 0.239, 0.231 and 0.206 %, respectively. In the range of soil humus content from 1.2 to 2.4 %, an increase in the humus content by 0.1 % on plots without the use of nitrogen fertilizer was accompanied by an increase in the carbon content of mobile humus by 0.016 %. With a dose of nitrogen N₈₀, N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ and N₈₀₊₆₀, it increased on average by 0.015, 0.011, 0.009 and 0.008 %, respectively.

At the same time, as the soil humus content increased, the proportion of carbon of mobile humic substances in the humus composition in the control variant and in the variant with a nitrogen dose of 80 kg / ha increased, and with a nitrogen dose of N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ and N₈₀₊₆₀, it decreased.

Key words: sod-podzolic soil, nitrogen doses, humus content, content of mobile humic substances, the proportion of mobile humic substances in humus.

Введение

Гумусовое состояние почвы, занятой в сельскохозяйственном производстве определяется в первую очередь особенностями хозяйственной деятельности человека. Применяя удобрения, мелиоранты, средства защиты растений, подбирая севообороты, выполняя различные способы обработки, человек может существенно изменять содержание в почве гумуса, а также повлиять на показатели, характеризующие его качественный состав.

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих качественный состав гумуса, является содержание подвижных гумусовых веществ, представляющих собой наиболее молодые соединения гумуса, которые отличаются повышенным содержанием азота и очень неустойчивым состоянием. Они быстро минерализуются и принимают активное участие в малом биологическом круговороте веществ [9, 8, 6]. Это самая динамичная часть гумуса, время обновления которой исчисляется годами и даже месяцами. Иными словами подвижные гумусовые вещества являются для растений наиболее доступным источником азота [7].

Условно различают подвижные и лабильные гумусовые вещества. Они обладают сходными свойствами, несут практически одинаковую информацию об особенностях трансформации и новообразования гумуса и отличаются лишь способами выделения. Так, например, лабильные гумусовые вещества экстрагируются из почвы нейтральным 0,1N раствором пирофосфата натрия, подвижные – 0,1M раствором NaOH [10]. Их содержание в почве очень изменчиво и во многом определяется количеством и качеством послеуборочных остатков, содержанием полуразложившегося органического вещества и азота, а также факторами внешней среды, оказывающими непосредственное влияние на биологическую активность почвы. Не экстрагируемую вышеназванными растворами часть гумуса условно называют стабильной. Она в значительно меньшей степени служит источником питания рас-

тений, но, тем не менее, определяет многие свойства почвы [7]. Эта часть гумуса более прочно связана с минеральной частью почвы и в гораздо меньшей степени принимает участие в биологическом круговороте веществ.

К сожалению, в полевых опытах чрезвычайно сложно создать варианты с одинаковым содержанием гумуса, но с различной долей лабильных гумусовых веществ в его составе. Это затрудняет выявление их роли в формировании урожайности сельскохозяйственных культур. Тем не менее, можно отметить, что если при окультуривании почвы увеличение содержания гумуса не сопровождается увеличением содержания его подвижных форм, то оно не приведет к росту урожайности. При этом между содержанием в почве подвижных форм гумуса и продуктивностью культурных растений существует достаточно тесная взаимосвязь [1, 3, 4].

Минеральные удобрения, как правило, увеличивают подвижность гумуса [5], однако роль различных доз азота в накоплении подвижных гумусовых веществ, особенно на почвах с различным содержанием гумуса требует уточнения. Именно поэтому мы попытались выявить наиболее общие закономерности в изменениях степени подвижности гумуса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, в зависимости от ее гумусированности и доз азотного удобрения.

Основная часть

Исследования проводились методом микроделянок [2]. Для этого в учебно-опытном хозяйстве УО БГСХА были подобраны 2 поля, расположенные на почве одного генезиса, имеющие одинаковую историю, отличающиеся выровненным рельефом и автоморфным типом увлажнения. Ежегодно на одном из подобранных полей выделялся массив опытного участка длиной около 1 км и шириной 60 метров. На этом участке в посевах ячменя сорта Гонар, возделываемого на фоне $N_{80}P_{60}K_{120}$, с помощью технологической колеи в фазу конец кущения – начало выхода в трубку были внесены в подкормку следующие дозы азотного удобрения: N_{20} , N_{40} и N_{60} . Предшественником ячменя был яровой рапс. Контролем служил вариант без применения азота. Выделенный массив захватывал несколько элементарных почвенных участков с содержанием гумуса от 1 до 3 %. Норма высева ячменя – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Уход за посевами включал: обработку гербицидом «Прима» в дозе 0,6 л/га (фаза кущения), обработку фунгицидом «Рекс Дуо» в дозе 0,5 л/га (фаза колошения).

На всех создаваемых вариантах азотного питания выделялось около 40 микроделянок (учетных площадок), с которых учитывались урожайность зерна и соломы, отбирались образцы почвы для анализа на показатели, характеризующие гумусовое состояние. Общее содержание гумуса в почве определяли методом И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова (ГОСТ 26107–84), содержание подвижных гумусовых веществ – по методу М. А. Егорова (в 0,2 М растворе NaOH) [10].

Полученные результаты подвергались корреляционно-регрессионному анализу.

Почва опытных участков дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на лессах. Ее агрохимические показатели в пахотном горизонте учетных площадок изменялись в широких пределах, однако практически все они находилась в тесной корреляционной зависимости от содержания в почве гумуса и поэтому, как правило, учетные делянки с близким содержанием гумуса относились к одинаковым группам по содержанию подвижных соединений фосфора и калия.

Исследования показали, что содержание в почве подвижных гумусовых веществ зависит в первую очередь от ее гумусированности. Это подтверждается наличием между данными показателями, как правило, тесных прямолинейных корреляционных связей, которые в отдельные годы исследований характеризовались коэффициентами корреляции от 0,63 до 0,95.

Для обобщения результатов 3-х лет исследований (всего около 600 пар сравнения) нами были рассчитаны трендовая модель, показывающая, как изменяется содержание углерода подвижных гумусовых веществ в зависимости от гумусированности почвы и доз азотного удобрения, применяемых в посевах ячменя (табл. 1).

Таблица 1. Трендовая модель содержания углерода подвижных гумусовых веществ (Y, % от массы почвы) при разных дозах азотного удобрения в посевах ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием углерода гумуса

Дозы азота	г	Уравнения регрессии	Содержание в почве гумуса (X, %)							
			1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Без азота	0,91	$Y=0,16X-0,04$	0,152	0,184	0,216	0,248	0,280	0,312	0,344	–
N_{80}	0,86	$Y=0,015+0,15X$	0,195	0,225	0,255	0,285	0,315	0,345	0,375	–
N_{80+20}	0,94	$Y=0,005+0,13X$	0,161	0,187	0,213	0,239	0,265	0,291	0,317	0,343
N_{80+40}	0,80	$Y=0,035+0,1033X$	0,159	0,180	0,200	0,221	0,242	0,262	0,283	0,304
N_{80+60}	0,47	$Y=0,052+0,0854X$	0,154	0,172	0,189	0,206	0,223	0,240	0,257	–

Согласно данной модели, содержание углерода подвижных гумусовых веществ в варианте без применения азота в интервале гумусированности почвы от 1,2 до 2,4 % находилось в пределах от

0,152 до 0,344 % и составило в среднем 0,248 %. При этом увеличение гумусированности почвы на 0,1 % сопровождалось увеличением содержания углерода подвижного гумуса на 0,016 %.

В этом же интервале гумусированности почвы доза азота 80 кг/га, внесенная в основную заправку, увеличила содержание углерода подвижных гумусовых веществ в среднем до 0,285 %. На фоне минимальной гумусированности почвы (1,2 %) значение данного показателя составило 0,161 %, на фоне максимальной (2,4 %) – 0,375 %. В данном варианте увеличение гумусированности почвы на 0,1 % сопровождалось увеличением содержания углерода подвижного гумуса на 0,015 %.

В интервале гумусированности почвы от 1,20 до 2,40 % азотные подкормки в конце фазы кушения – начале фазы выхода в трубку в дозах N₂₀, N₄₀ и N₆₀ уменьшили среднее содержание углерода подвижного гумуса соответственно до 0,239, 0,231 и 0,206 %. При этом на фоне доз азота N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ и N₈₀₊₆₀ увеличение содержания гумуса на 0,1 % сопровождалось увеличением содержания углерода подвижных гумусовых веществ в среднем на 0,011, 0,009 и 0,008 %.

Следует отметить, что во всех вариантах с применением азотного удобрения доля углерода подвижных гумусовых веществ оказалась более высокой, чем в варианте без азота (табл. 2).

При увеличении гумусированности почвы с 1,20 до 2,40 %, доля углерода подвижных гумусовых веществ в составе углерода гумуса в контрольном варианте и в варианте с дозой азота 80 кг/га возросла в среднем за годы исследований соответственно с 10,3 и 12,9 до 13,1 и 14,0 %. На фоне более высоких доз азота, наоборот, значение данного показателя по мере увеличения гумусированности почвы снижалось.

В целом увеличение содержания гумуса на каждые 0,1 % в контрольном варианте и в варианте с дозой азота 80 кг/га сопровождался увеличением доли азота в составе гумуса на 0,23 и 0,09 %. В вариантах с дозами азота N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ и N₈₀₊₆₀ – снижением соответственно на 0,025, 0,20 и 0,31 %.

Таблица 2. Трендовая модель содержания углерода подвижных гумусовых веществ (% от углерода гумуса) при разных дозах азотного удобрения в посевах ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием гумуса

Дозы азота	Содержание в почве гумуса, %							
	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
Без азота	10,3	11,1	11,7	12,1	12,6	12,9	13,1	–
N ₈₀	12,9	13,2	13,4	13,6	13,7	13,8	14,0	–
N ₈₀₊₂₀	13,7	13,6	13,5	13,5	13,4	13,4	13,4	13,3
N ₈₀₊₄₀	15,3	14,7	14,1	13,7	13,4	13,0	12,9	12,6
N ₈₀₊₆₀	16,0	14,9	14,1	13,6	13,0	12,6	12,3	–

Учитывая то, что образцы почвы для анализа на гумусовое состояние нами были отобраны во время уборки ячменя, а также то, что существует связь между содержанием в почве гумуса, урожайностью и биологической активностью почвы можно предположить, что внесение азотного удобрения в дозе 100 кг/га при достаточно высоком запасе минерального азота в почве способствовало более активному развитию (а соответственно и большему потреблению азота) растений и микроорганизмов в первой половине вегетации. При этом к концу вегетационного периода минерального азота как для почвенной биоты, так и для растений оказалось недостаточно. Это привело к более интенсивной минерализации подвижных гумусовых веществ, особенно в почве с более высоким содержанием гумуса. Именно поэтому при увеличении гумусированности почвы в вариантах с суммарной дозой азота более 100 кг/га доля подвижных гумусовых веществ в составе гумуса снижалась.

Представленные в таблицах данные убедительно говорят о том, что азотные удобрения оказывают существенное влияние на обогащенность гумуса его наиболее активными компонентами.

Следует отметить, что основная часть стабильных гумусовых веществ представлена в почве негидролизующим остатком (гумином). Это наиболее инертная часть гумуса, прочно связанная с минеральной частью почвы и не выделяемая из нее обычными методами экстрагирования. Она почти не подвергается микробному разложению, а содержащиеся в ней элементы питания практически не вовлекаются в малый биологический круговорот. Время обновления негидролизующего остатка исчисляется сотнями лет.

Корреляционная связь между содержанием в почве гумуса и содержанием негидролизующего остатка была прямолинейной и характеризовалась коэффициентом корреляции 0,95. Анализ этой связи показал, что увеличение содержания в почве углерода гумуса на 1 % сопровождалось дополнительной прибавкой углерода негидролизующего остатка на 0,73 %. При этом его доля в составе углерода гумуса колебалась от 40,8 до 63,3 %. Это лишнее раз говорит о том, что чем больше в почве гумуса, тем он более инертен, а соответственно содержащиеся в нем элементы питания растений, и в первую очередь азот, менее доступны для растений.

Заключение

Доля подвижных гумусовых веществ в составе гумуса зависит как от его содержания, так и от дозы азотного удобрения:

1. К моменту уборки зерна ячменя, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием гумуса от 1,2 до 2,4 % без применения азотного удобрения содержание углерода подвижных гумусовых веществ в почве находилось в пределах от 0,152 до 0,344 % и составило в среднем 0,248 %. Доза азота 80 кг/га, внесенная в основную заправку, увеличила содержание углерода подвижных гумусовых веществ в среднем до 0,285 %. Азотные подкормки в конце фазы кушения – начале фазы выхода в трубку в дозах N₂₀, N₄₀ и N₆₀ уменьшили среднее содержание углерода подвижного гумуса соответственно до 0,239, 0,231 и 0,206 %.

2. В варианте без применения азотного удобрения в интервале гумусированности почвы от 1,2 до 2,4 % увеличение содержания гумуса на 0,1 % сопровождалось увеличением содержания углерода подвижного гумуса на 0,016 %. В вариантах с дозой азота N₈₀, N₈₀₊₂₀, N₈₀₊₄₀ и N₈₀₊₆₀ увеличение содержания гумуса на 0,1 % сопровождалось увеличением содержания углерода подвижных гумусовых веществ в среднем на 0,015, 0,011, 0,009 и 0,008 %.

3. При увеличении гумусированности почвы с 1,20 до 2,40 %, доля углерода подвижных гумусовых веществ в составе углерода гумуса в контрольном варианте и в варианте с дозой азота 80 кг/га возросла в среднем соответственно с 10,3 и 12,9 до 13,1 и 14,0 %. На фоне более высоких доз азота значение данного показателя по мере увеличения гумусированности почвы снижалось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, В. Б. Закономерности изменения гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием антропогенной нагрузки: монография / В. Б. Воробьев. – Горки, 2012. – 160 с.

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. Воробьев, В. Б. Оценка влияния качества гумуса на урожайность ячменя / В. Б. Воробьев, Г. В. Седукова // Земляробства і ахова раслін, 2005. – №2, – С. 30–31.

4. Ганжара, Н.Ф. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества подзолистых и черноземных почв европейской части СССР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.03 / Н. Ф. Ганжара; Московская с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – М., 1988. – 31 с.

5. Грейсман, Г. Влияние систем удобрений на агрохимические свойства и качественный состав гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы / Г. Грейсман, В. Янушене // Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях: материалы междунар. науч. - практ. конф. – Жодино, 2000. – С. 148–151.

6. Кураченко, Н. Л. Влияние удобрений и мелиорантов на структурно-агрегатное состояние серых лесных почв и содержание в них лабильных гумусовых веществ / Н. Л. Кураченко, Ю. Н. Трубников // Агрохимия. – 2002. – № 5. – С. 17–21.

7. Литвинович, А. В. Изменение показателей почвенного плодородия и лабильной части гумуса дерново-подзолистой песчаной почвы при интенсивном окультуривании и в условиях хозяйственного истощения / А. В. Литвинович, О. Ю. Павлова, Д. В. Чернов // Агрохимия. – 2003. – № 4. – С. 14–21.

8. Мамонтов, В. Г. Содержание и состав лабильного органического вещества в дерново-подзолистой почве при внесении низких доз органических удобрений / В. Г. Мамонтов [и др.] // Изв. ТСХА, 2004. – № 2. – С. 52–60.

9. Овчинникова, М. Ф. Содержание, состав, подвижность гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы и уровень ее биопродуктивности при длительном применении агрохимических средств / М. Ф. Овчинникова, Н. Ф. Гомонова, Г. В. Минеев // Докл. РАСХН, 2003. – № 5. – С. 22–35.

10. Рекомендации для исследования баланса гумуса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв / ВАСХНИЛ; Почв. Ин - т им. В. В. Докучаева. – М., 1984. – 96 с.