

УДК 630.722

Г. Г. Новгородова
(Институт леса УрО РАН)

П. Залитис
(Латвийский научно-исследовательский институт лесохозяй-
ственных проблем)

ВЛИЯНИЕ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ НИЗИННЫХ ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВ НА РОСТ ЕЛЕЙ ПРИ ВНЕСЕНИИ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сделана попытка выяснения причин различной реакции еловых молодняков на внесение калийных удобрений. Отмечается, что наибольший эффект достигается при внесении удобрения на наиболее гумифицированных почвах гуматного состава гумуса. Высказывается предложение о перспективности комплексного внесения калийного удобрения и известкования низинных торфяно-болотных почв с фульватно-гуматным составом гумуса.

Общезвестно, что все агрономически и лесоводственно ценные свойства почв преимущественно связаны с их гумусным состоянием. Современные свойства гумуса, скоординированные с естественными экологическими условиями, хорошо обеспечивают требования растений как за счет создания долговременных устойчивых свойств почв, так и за счет легко мобилизуемых соединений, входящих в состав гумуса. Но природа гумуса противоречива в связи с его гетерогенностью. Нередко важнейшие элементы питания накапливаются в составе гумуса практически в недоступной растениям форме. Так, методами радиоуглеродной диагностики показана недоступность азота некоторых почв для питания растений (Орлов, 1986) в течение длительного времени — до сотен лет. На таких потенциально богатых почвах, как низинные торфяно-болотные, растения страдают от недостатка калия (Ефимов, 1968), а на осушенных низинных почвах культуры ели испытывают хлороз и гибнут (Zalitis, 1990). В связи с этим возникают проблемы мобилизации из гумуса почв питательных элементов для повышения производительности насаждений, сохранения оптимального гумусного состояния, для развития почвы, увеличения ее плодородия.

Результаты специальных работ (Zalitis, Novogorodova, 1994) показали, что наибольшие приросты молодняки ели на осушенных торфяно-болотных низинных почвах дали при внесении только калийных удобрений по сравнению с линейными приростами елей при внесении фосфорно-азотных, фосфорно-калийных и фосфорно-азотно-калийных удобрений. При этом внесение калийных удобрений

вызвало снижение в почвах доли свободно живущих микроскопических грибов и увеличение доли бактерий, а также микоризных грибов (Zalitis, 1990). Таким образом, лимитирующим рост елей на этих почвах оказался лишь недостаток калия. Однако на разных пробных площадях на внесение равных доз калийных удобрений молодые ели отвечали неодинаковым приростом. Для выяснения причин этого было предпринято исследование гумусного состояния пойменных низинных торфяно-болотных почв на пяти пробных площадях (ПП) как удобренных, так и неудобренных. В 1987 г. на двух ПП 1 и ПП 5 были внесены калийные удобрения. Приросты елей по высоте в 1991 г. составили на удобренных ПП 1 – 90 см, ПП 5 – 100 см, а на почвах контрольных ПП – около 10 см (ПП 2, 3 и 4).

В августе 1991 г. были отобраны образцы почв на определение гумусного состояния и других свойств почв. Изученные почвы объединяет общая направленность гумусообразования, высокое содержание в почвах углерода (32...50%) и азота (0,97...1,95%) (табл. 1). Высокая гидролитическая кислотность (95...109 мг-экв. на 100 г почвы) обеспечивает значительную насыщенность почв (табл. 2). По составу гумуса с преобладанием гуминовых (ГК) над фульвокислотами (ФК) почвы также близки (табл. 3). В верхних корнеобитаемых горизонтах почв степень разложения и количество ФК ниже, чем в более глубоко лежащих горизонтах, и четко коррелирует с их повышенной (от 0,9 до 48,7%) зольностью в значительной мере за счет большого содержания железа (см. табл. 1). Это согласуется с материалами других авторов (Барановская, 1975; Ефремова, 1973). ФК как наиболее окисленные соединения, имеющие хорошо выраженную алифатическую структуру по сравнению с ГК (Александрова, 1980; Орлов, 1985), образуются в зонах интенсивных окислительных процессов (верхний слой торфяных почв) из углеводов свежих растительных остатков. Ниже в профиле увеличивается роль ГК, и отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот (Сгк: Сфк) расширяются. Гумус от фульватно-гуматного (Сгк: Сфк в пределах от 1 до 2) меняется до гуматного (Сгк: Сфк.2) в отдельных горизонтах почв. Это происходит как за счет увеличения гуматов кальция (ГК-2), особенно в нижних горизонтах почв ПП 3, 4 и 5 с высоким содержанием валового кальция (2,83...4,09%), так и за счет бурых гуминовых кислот фракций 1 и 3 (табл. 3). В составе ГК в почвах в целом доминирует фракция 1 типичных бурых. Содержание фракции 2 ГК варьируется широко (от 1,6 до 12,2%).

По морфологическим свойствам почвы также обнаруживают сходства. Их верхние горизонты мелкокомковато-ореховатой сравнительно непрочной структуры, так как в их формировании значительна, как уже указывалось, роль железа. Все нижние горизонты почвы имеют более прочные структурные агрегаты. При этом пы-

Таблица 1

Химические свойства пойменных торфяно-болотных почв

ПП	Глубина, см	С, %	N, %	C : N	Степень разложения, %	Зольность, %	% на абсолютно сухой торф				
							CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
2	0-22	58,1	1,47	38	42	10,7	1,26	0,15	0,30	0,03	0,52
	30-35	58,8	1,60	37	45	8,5	2,50	0,15	0,19	0,02	0,38
1-К	0-11	56,7	1,88	30	36	9,1	1,47	0,38	0,24	0,05	0,33
	15-25	56,0	1,72	32	65	5,8	1,54	0,17	0,17	0,02	0,30
3	0-13	32,1	1,29	25	53	48,7	1,39	0,31	0,27	0,06	2,11
	13-33	53,8	1,95	28	55	14,4	2,85	0,51	0,20	0,04	0,58
4	40-45	60,7	1,57	39	65	8,2	2,83	0,14	0,11	0,02	0,35
	0-11	37,3	1,36	27	58	41,2	2,52	0,30	0,54	0,04	2,67
5-К	20-25	51,7	1,24	42	65	24,0	7,81	0,36	0,42	0,05	0,63
	0-15	46,0	1,94	24	55	21,5	0,18	0,18	0,24	0,04	0,73
	20-27	57,0	0,97	59	59	10,8	4,09	0,12	0,15	0,03	0,28
	30-35	53,1	2,14	24	69	15,1	4,08	0,64	0,20	0,04	0,28

Примечание. 1-К — здесь и далее в табл. 2-4 почвы с внесенными в 1987 г. калийными удобрениями.

Таблица 2

Кислотные свойства почв и содержание в них подвижных веществ

ПП	Глубина, см	рН солевая	мг-экв. на 100 г почвы			Степень насыщенности основаниями, %	мг на 100 г почвы		
			А	Са + Mg	гидролитическая кислотность		NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	0-22	3,2	32,0	173	143	55	35,0	10,8	24,0
	30-35	4,0	10,8	204	109	65	30,0	20,4	9,0
1-К	0-11	3,3	28,8	173	130	57	30,0	15,6	36,0
	15-22	3,7	7,2	186	123	60	18,7	21,3	10,0
3	0-13	4,0	7,2	204	109	63	72,5	10,0	14,0
	13-33	4,1	3,6	186	102	69	28,0	15,2	8,0
4	40-45	4,4	0	230	75	79	26,3	19,1	6,0
	0-11	4,2	0	219	96	68	27,7	23,5	19,0
5-К	20-25	4,2	0	201	116	62	28,7	12,1	7,0
	0-15	4,6	0	188	89	74	26,5	22,2	23,0
	20-27	4,5	0	251	109	70	25,0	6,4	9,2
	30-35	4,6	0	251	96	73	30,0	7,2	7,0

Таблица 3

Состав гумуса пойменных низинных торфяно-болотных почв, % от С общего

ПП	Глубина, см	Воско-смолы	Фракции										Сгк: Сфк	Гидролизуемые H ₂ SO ₄		Негидролизуемый остаток
			гуминовых кислот					фульвокислот						ин.	80%	
			1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма					
2	0-22	10,5	14,2	10,3	35,0	0,9	7,7	10,1	11,7	29,5	1,5	0,03	22,6			
	30-35	9,1	3,7	10,0	42,7	0,8	3,5	9,2	10,4	23,9	1,1	0,03	23,2			
1-К	0-11	5,3	4,7	12,0	43,7	1,0	8,7	3,0	27,2	39,9	1,1	1,2	8,1			
	15-22	7,5	2,1	11,6	36,6	0,8	3,7	7,1	13,2	24,6	1,5	1,2	26,5			
3	0-13	15,0	5,9	17,8	35,2	2,0	9,0	2,6	19,6	33,2	1,1	отр.	16,6			
	13-33	2,4	11,7	12,8	50,0	1,0	6,4	2,3	5,8	15,5	3,2	отр.	32,1			
4	40-45	5,4	3,5	18,3	32,8	0,5	4,2	6,2	16,9	27,8	1,2	0,05	33,8			
	0-11	18,8	1,6	10,7	36,4	2,0	8,7	11,4	7,0	29,1	1,2	0,08	16,5			
5-К	20-25	5,4	17,2	9,7	49,2	0,6	6,2	7,0	8,1	21,9	2,2	0,7	20,9			
	0-15	5,4	9,1	8,1	43,8	1,2	6,3	0,09	14,6	22,2	2,0	0,04	27,2			
	20-27	14,0	6,5	12,9	37,5	0,6	7,9	4,5	4,7	17,7	2,1	0	26,6			
	30-35	3,4	12,2	10,7	40,9	0,9	4,4	0	12,2	17,5	1,9	9,04	36,3			

леватые частицы всех горизонтов, включая и верхние, темно-серого или почти черного цвета, что позволяет предполагать участие кальция и магния в осаждении железо-, алюмофульватных комплексов почти всех фракций гумуса.

Вместе с тем изученные почвы существенно различаются. Почвы ПП 1 и 2 характеризуются несколько меньшей зольностью и степенью разложения (табл. 1), большим содержанием обменного алюминия и водорода, меньшей степенью насыщенности основаниями, меньшим содержанием валового кальция (табл. 1, 2). Состав гумуса во всей изученной толще этих почв фульватно-гуматный (табл. 3). В его составе среди ГК абсолютно доминирует фракция 1 при значительном участии фракции 3 ГК. В составе ФК преобладает фракция 3, особенно в верхних горизонтах.

Внесение калийных удобрений существенно изменило среду в биоценозе, увеличив видовое разнообразие микроорганизмов, и явилось причиной сдвига в определенном уровне динамического равновесия гумусного состояния почвы с условиями данной экологической ситуации. Это выразилось в том, что в верхнем горизонте удобренной почвы ПП 1 уменьшилось содержание негидролизуемого остатка до 8,8% в сравнении с неудобренной почвой ПП 2, где оно составляет 22,6%. Содержание растворимых гумусовых кислот увеличилось с 64 до 84%. По всей толще почвы увеличилась сумма ФК, что привело к снижению отношений $S_{гк} : S_{фк}$ (табл. 3). В результате в удобренной почве понизилось содержание углерода органического вещества. Вместе с тем степень и глубина гумификации, рассчитанная по Т. Т. Ефремовой (1983), увеличилась за счет увеличения в составе ГК роли фракции 1 (табл. 4). Таким образом, внесение удобрений в почву фульватно-гуматного состава гумуса вызвало ускоренную минерализацию органического вещества, сопровождающуюся снижением актуальной и гидрологической кислотности, содержания подвижных форм алюминия и аммония, увеличением степени насыщенности основаниями и увеличением содержания не только подвижных форм калия, но и фосфора (табл. 2), и явилось причиной хорошего лесорастительного эффекта елей на ПП 1.

Почвы ПП 3, 4 и 5 отличаются от описанных выше рядом своеобразных черт. Состав гумуса их более разнообразен и меняется в отдельных горизонтах от фульватно-гуматного до гуматного. Отношение $S_{гк} : S_{фк}$ в них достигает значений 2,0...3,2. Это связано с большей зольностью отдельных горизонтов и более высокой долей кальция и магния в составе золы (табл. 1). Последние определяют более высокую глубину гумификации (см. табл. 4), которая оценивается в этих почвах как очень высокая почти во всех горизонтах. В целом, исключая верхние горизонты, роль ФК в почвах ПП 3, 4 и 5 ниже, чем в почвах ПП 2 и 1. Гумус почв ПП 3, 4 и 5 отличает-

ся заметным участием ГК и ФК, связанных с кальцием (фракция 2), что обеспечивает более высокую степень разложения торфа и степень насыщенности основаниями (табл. 1 и 2). Однако и в этих почвах доминирующей остается в составе ГК фракция 1 бурых гуминовых кислот.

Таблица 4

**Гумификация органического вещества
пойменных низинных торфяно-болотных почв**

ПП	Глубина, см	% фракций от суммы ГК			Степень гумифика- ции, %	Глубина гумифика- ции, %
		ГК	ГК-2	ГК-3		
2	0-22	60	11	29	65	71
	30-35	68	9	23	66	77
1-К	0-11	62	11	28	83	72
	15-25	63	6	32	60	68
3	0-13	33	17	51	47	49
	13-33	51	23	25	64	74
	40-45	34	11	56	60	45
4	0-11	66	4	29	62	71
	20-25	45	35	20	60	80
5-К	0-15	61	21	18	65	82
	20-27	48	17	34	39	66
	30-35	44	30	26	57	74

Влияние калийных удобрений в почве ПП 5 выразилось, наряду с увеличением подвижных форм калия, в резком снижении актуальной и гидролитической кислотности почв, увеличении степени насыщенности основаниями. Снижение содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в нижних горизонтах почвы ПП 5 в сравнении с неудобренными вариантами, а также превышение приростов елей на ней после удобрения на 10 см по сравнению с приростами на удобренной ПП 1 свидетельствует, что интенсивность круговорота в насаждениях на почвах преимущественно гуматного состава повысилась в большей степени, чем на почвах однозначно фульватно-гуматного состава. При этом значительных сдвигов в гумусном состоянии гуматных почв не произошло, а количество негидролизуемого остатка и общего содержания углерода в удобренной почве даже повышается (табл. 3 и 1). Это свидетельствует об увеличении приходной части баланса углерода при удобрении калием.

Таким образом, изученные пойменные низинные торфяно-болотные почвы под молодняками елей по типу гумуса относятся к фульватно-гуматным и гуматным. Различия в составе гумуса определя-

ются зольным составом торфа и разным генезисом горизонтов пойменных почв, а также, вероятно, минерализованностью грунтовых вод.

Почвы разного группового состава гумуса по-разному реагируют на внесение калийных удобрений: почвы с однозначно фульватно-гуматным составом гумуса быстрее подвергаются минерализации — увеличивается количество растворимых гумусовых кислот, снижается содержание негидролизуемого остатка и общего углерода. Почвы, преимущественно гуматного состава гумуса, обладают большей буферностью в силу более высокой степени и глубины гумификации и большей емкости почвенного поглощающего комплекса, незначительно меняют состав гумуса, накапливая общий углерод.

Наибольшую отзывчивость на внесение калийных удобрений проявили молодняки ели, растущие на наиболее гумифицированных почвах гуматного состава гумуса, в которых фракция 2 Гк составляет 20...30% от суммы ГК. Результаты настоящего исследования позволяют предположить, что совместное с внесением калийных удобрений известкование низинных торфяно-болотных почв с фульватно-гуматным составом гумуса будет способствовать закреплению в почве гуматов кальция и переходу фульватно-гуматного состояния в более устойчивое гуматное. Это увеличит эффект прироста еловых молодняков. Однако высказанное предположение требует экспериментального подтверждения.

ЛИТЕРАТУРА

Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л. : Наука, 1980. 287 с.

Барановская А. В. Состав органического вещества заболоченных и болотных почв Мурманской области // Органическое вещество в почвах Кольского полуострова. Апатиты, 1975. С. 39–53.

Ефимов Е. Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л., 1968. 262 с.

Ефремова Т. Т. Групповой и фракционный состав гумуса органического вещества торфяных почв Томской области // Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией. Новосибирск: Наука, 1973. С. 179–194.

Ефремова Т. Т. Показатели гумусного состояния торфяно-болотных почв // Биологические науки. 1983. № 10. С. 102–108.

Орлов Д. С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.

Орлов Д. С. Процесс гумификации и информативность показателей гумусного состояния почв // Современные проблемы гумусообразования. Сыктывкар, 1986. С. 7–19.

Zalitis P., Markforlattring med kalium i Lettland // Sveöriges Skogsvarvsförbunds Tidskrift. 1990. N2. h. 38–41.

Zalitis P., Novogorodova G. Āgnes agroķimiskās īpasības un eglīšu augšana platlapju kūdreņa meža tupa // Lauksaimnieks agriculturist of Latvia. 1994. N 4. h. 12–16.