

## ВЛИЯНИЕ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

Пуртова Л.Н.<sup>1</sup>, Костенков Н.М.<sup>1</sup>, Киселева И.В.<sup>1</sup>, Емельянов А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Биолого-почвенный институт ДВО РАН, <sup>2</sup>ПримНИИСХ, [purtova@ibss.dvo.ru](mailto:purtova@ibss.dvo.ru)

Исследовано влияние различных фитомелиорантов (люцерна, кострец, клевер, донник, гречиха) на показатели плодородия, физические и оптические свойства агротемногумусовых подбелов. Установлено позитивное влияние всех фитомелиорантов на содержание гумуса в пахотном горизонте почв. В связи с увеличением гумусированности пахотного горизонта установлена тенденция к снижению интегрального отражения почв. Выявлено преобладание в составе гумуса «свободных» гуминовых кислот и связанных с кальцием. Тип гумуса фульватно-гуматный во всех вариантах опыта. Более интенсивные микробиологические процессы трансформации органического вещества проходили в посевах бобовых трав, для которых характерны высокие показатели каталазной активности и параметры продуцирования CO<sub>2</sub>. Наиболее благоприятные условия для повышения плодородия складывались в посевах люцерны и клевера, в пахотном горизонте установлено возрастание энергозапасов почв, связанных с содержанием гумуса.

Ключевые слова: плодородие, гумус, оценка гумусного состояния, энергозапасы почв, оптические, физико-химические свойства почв, фитомелиорация.

## THE INFLUENCE OF PHYTOMELIORATION ON FERTILITY INDICATORS OF AGROGENIC SOILS OF PRIMORYE

Purtova L.N.,<sup>1</sup> Kostenkov N.M.,<sup>1</sup> Kiseleva I.V.,<sup>1</sup> Emelyanov A.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biology and and Soil Science Institute, <sup>2</sup>Primorye Research Institute of Agriculture, [purtova@ibss.dvo.ru](mailto:purtova@ibss.dvo.ru)

The influence of different fitomeliorentov (*Medicago*, *Bromopsis*, *Trifolium*, *Mellilotus*, *Fagopyrae*) on indicators of fertility, physical and optical properties of agro-dark humus soil are researched. It was found a positive impact of all fitomeliorentov on humus content in the arable soil horizon. With the increase of humus content in arable horizon established downward trend in the integral reflection of the soil. In the humus was prevalence of "free" and humic acids bound with calcium. Type of humus was a fulvate-humate in all variants of the experiment. More intense microbiological processes of transformation of organic matter occurred in crops of legumes, which are characterized by high levels of catalase activity and the parameters of the production of CO<sub>2</sub>. The most favorable conditions for improving fertility evolved in alfalfa fields (*Medicago*) and clover (*Trifolium*).

Keywords: fertility, humus, assessment of humus condition, soil stored energy, optical, physical and chemical properties of soils, phytomelioration.

В почвах агроландшафтов, в связи с применением различных агротехнических обработок, происходит отчуждение органического вещества корневых остатков и обеднение органическим углеродом. Это ведет к изменению в направленности гумусообразовательного процесса и трансформации органического вещества микрофлорой почв. Поэтому проблема сохранения гумуса, при использовании современных агротехнологий, является наиболее актуальной. В связи с этим необходимы как физико-химические, так и микробиологические индикаторы, отражающие изменение уровня плодородия почв агрогенных ландшафтов, а также разработка экологически чистых приемов повышения плодородия почв. К таким приемам относится фитомелиорация – улучшение почв с помощью растений, представляющая собой разновидность биологической мелиорации. При фитомелиорации используют культуры, которые имеют повышенную средообразующую и средовосстанавливающую способность. Органическое вещество, поставляемое этими культурами, улучшает свойства почв, способствует накоплению гумуса, а также

активизирует их биологическую активность, что позволяет вовлечь земли в сельскохозяйственный оборот [8]. При фитомелиорации для повышения плодородия почв используется природный потенциал растений – способность аккумулировать энергию солнца, трансформированную в энергию химических связей органических соединений. Улучшение плодородия почв достигается также за счет органического вещества корневых остатков растений и процессами азотфиксации бобовыми фитомелиорантами.

Фитомелиоративный метод нашел широкое применение в России и за рубежом [9; 10; 12; 13]. Для выбора наиболее эффективных фитомелиорантов необходим всесторонний анализ как физико-химических показателей почв, так и исследование микробиологической активности почв, одним из показателей которых является ферментативная (каталазная) активность и уровень продуцирования  $\text{CO}_2$ .

Цель работы – оценка плодородия почв при использовании различных фитомелиорантов и выбор наиболее эффективных, оказывающих позитивное влияние на почву.

В задачи исследований входило:

1. Оценка агрохимических показателей почв и параметров их гумусного состояния.
2. Исследование каталазной активности и эмиссии  $\text{CO}_2$ .
3. Исследование оптических параметров почв.

#### **Объекты и методы исследований**

Объект исследований - агротемногумусовые подбелы, с применением различных фитомелиорантов (люцерна, кострец, клевер, донник, гречиха) в пределах фитомелиоративного микроделяночного опыта, заложенного в ПРимНИИСХ (пос. Тимирязевский Уссурийского района). Профиль почв дифференцирован на горизонты: PU – Eln<sub>g</sub> – BT<sub>g</sub> – C. Используются классификационные названия почв 2004 г. [2]. В пахотных горизонтах определяли кислотность (рН водный, рН солевой) потенциметрически на рН-метре ОР – 264; гидролитическую кислотность по Каппену; содержание подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову; поглощенные основания по Шолленбергу [1]. Оценка агрохимических свойств почв проведена по шкалам, предложенным Н.М. Костенковым, В.И. Оздобихиным [3]. Содержание гумуса определено методом Тюрина, фракционно-групповой состав по Пономаревой–Плотниковой [7]. Оценка гумусного состояния почв проведена по Д.С. Орлову с соавторами [6]. Каталазную активность почв определяли газометрически [4]. При изучении продуцирования  $\text{CO}_2$  в почве использовали экспериментальный метод в условиях *in exp.* [11]. Навеску почвы в количестве 100 г помещали в сосуд-изолятор (d = 10 см, h = 15 см), внутрь ставили чашечку (d = 5 см) с 5 мл 1н NaOH. Повторность опыта трехкратная. Время экспозиции 24, 48 и 72 ч. После чего чашечку извлекали и титровали 0,2

N HCl с фенолфталеином. Выделенное количество CO<sub>2</sub> определяли с учетом холостого титрования (щелочь за период экспозиции помещали в сосуд без почвы объемом, равным объему свободного пространства в сосуде). Исследования велись с добавлением дистиллированной воды до 60% полной влагоемкости.

Изучение оптических свойств почв, связанных с содержанием гумуса, проводилось на спектрофотометре СФ-18. На приборе производилась запись спектрального отражения (ρ, %) в диапазоне видимого спектра от 420 до 740 нм, с шагом 20 нм, и на их основе рассчитывались параметры интегрального отражения почв (R, %) [5].

### Результаты и обсуждения

Процесс гумусообразования в условиях микроделяночного опыта, судя по показателям рН<sub>c</sub>, проходил в условиях среднекислой реакции среды (табл. 1). Согласно оценочным показателям, разработанным для сельскохозяйственных земель (Костенков, Ознобихин, 2005), почвы характеризовались средними показателями по содержанию подвижного калия и низкими – по содержанию фосфора. Среди поглощенных катионов преобладали ионы Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>. Для всех вариантов опыта свойственны низкие параметры гидролитической кислотности и повышенная степень насыщенности почв основаниями, что свидетельствует о малом количестве ионов H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> в составе почвенного поглощающего комплекса. Исследованиями физических показателей (плотности почв) установлено её возрастание на вариантах с посевами люцерны (1,36) и донника (1,25 г/см<sup>3</sup>) по сравнению с контролем (1,13 г/см<sup>3</sup>).

**Таблица 1**

Агрохимические показатели агрогенных почв в условиях фитомелиоративного опыта

Вариант опыта	рН		ГК* м-экв/100 г почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Поглощенные основания м -экв/100 г почвы				Степ. нас. осн.** %
	вод- ный	соле- вой		мг/100 г почвы		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
1. Контроль	6,10	4,92	4,81	2,88	9,27	23,69	5,15	0,71	1,20	86,4
2. Люцерна	6,35	5,07	4,69	2,32	11,12	20,60	10,30	0,66	0,80	87,3
3. Кострец	6,16	5,04	4,64	3,71	9,37	20,60	6,18	0,66	2,66	86,6
4. Клевер	6,05	4,94	5,38	2,88	8,55	21,69	9,27	0,66	2,99	86,5
5. Донник	6,23	3,98	4,89	2,47	8,03	24,72	11,33	0,57	0,66	88,0
6. Гречиха	6,36	4,85	5,59	2,58	6,39	23,69	8,24	0,48	1,20	85,7

\* Гидролитическая кислотность.

\*\* Степень насыщенности почв основаниями.

В посевах клевера и гречихи плотность почв снижалась до 1,17 и 1,11 г/см<sup>3</sup>, более низкие параметры зафиксированы на варианте с посевом костреца (1,05 г/см<sup>3</sup>) и связаны, вероятно, со строением его корневой системы. Средние показатели плотности в течение

2013-2014 г. несколько различались (табл. 2). В посевах донника, люцерны и гречихи установлено большее уплотнение почвы, кострец и клевер занимали промежуточное положение.

**Таблица 2**

Изменение плотности агротемногумусовых подбелов в фитомелиоративном опыте

Вариант опыта	Плотность, г/см <sup>3</sup>
1. Контроль	1,14 +0,01
2. Люцерна	1,26+0,07
3. Кострец	1,21+0,06
4. Клевер	1,21+0,03
5. Донник	1,32+0,04
6. Гречиха	1,27+0,07

Содержание гумуса находилось на уровне ниже средних значений. По сравнению с контролем прослеживалась тенденция к возрастанию содержания гумуса во всех вариантах опыта в горизонте PU. Наибольшее содержание гумуса установлено на вариантах с посевами люцерны (3,80%), костреца (3,77%) и клевера (3,74%). Средние показатели энергозапасов почв, связанные с содержанием гумуса, возрастали в ряду: контроль (417,4 млн ккал/га) – клевер (466,7) – кострец (467,4) – гречиха (472,1) – донник (488,9) – люцерна (490,6 млн ккал/га).

Наибольшие показатели энергозапасов свойственны посевам бобовых трав (табл. 3).

**Таблица 3**

Изменение содержание гумуса и энергозапасов (Q<sub>г</sub>) в агротемногумусовых подбелах в фитомелиоративном опыте

Варианты опыта	Содержание гумуса, % *	Q <sub>г</sub> , млн ккал/га*
1. Контроль	3,55+0,07	417,4+9,60
2. Люцерна	3,80+0,20	490,6+25,50
3. Кострец	3,77+0,22	467,4+6,90
4. Клевер	3,74+0,22	466,7+16,50
5. Донник	3,58+0,10	488,9+5,30
6. Гречиха	3,59+0,09	472,1+31,52

\*Средние данные 2013, 2014 гг.

В связи с увеличением гумуса во всех вариантах в 2014 году, установлено снижение интегрального отражения почв (табл. 4).

**Таблица 4**

Изменение интегрального отражения (R) в агротемногумусовых подбелах  
(2013, 2014 гг.)

Варианты опыта	R, %	
	2013 г.	2014 г.
1. Контроль	36,5	34,9
2. Люцерна	36,6	34,3
3. Кострец	36,6	34,3
4. Клевер	36,8	34,3
5. Донник	36,8	33,6
6. Гречиха	35,7	34,9

Этому, наряду с увеличением содержания гумуса, во многом способствовали и происходящие изменения в типе гумуса – возрастание количества гуминовых кислот в составе гумуса и изменение его типового состава с фульватного на фульватно-гуматный в посевах клевера, донника и гречихи. Таким образом, посевы фитомелиорантов оказывали позитивное действие на состав гумуса (табл. 5).

Согласно оценочным грациям (Орлов, Бирюкова и др., 2004) содержание гумуса низкое на вариантах 1, 2, 5, 6 и ниже среднего на вариантах 3, 4. Запасы гумуса в слое 0-20 см во всех посевах фитомелиорантов низкие, за исключением варианта с посевом люцерны. В этом варианте запасы гумуса достигают средних показателей из-за большей гумусированности горизонта PU (табл. 5). Для данного варианта следует отметить и более высокую степень гумификации органического вещества по сравнению с остальными вариантами опыта. Среди гуминовых кислот преобладали «свободные» гуминовые кислоты и связанные с  $Ca^{2+}$ , количество которых достигало средних значений. Содержание гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной основой почв, низкое во всех вариантах опыта.

**Таблица 5**

Показатели гумусного состояния в горизонте PU агротемногумусовых подбелов

Варианты опыта	Гумус, %	Запасы гумуса т/га, в слое 0-20 см	1*	2**	3***	Степень гумификации органического вещества	Сгк/Сфк
			Гуминовые кислоты, в % от их суммы				
1. Контроль	3,67	82,9	50,5	44,5	5,0	20,2	1,21
2. Люцерна	4,00	108,8	49,8	44,0	6,2	20,9	1,36
3. Кострец	4,40	92,4	50,7	44,4	4,9	18,7	1,27
4. Клевер	4,15	97,1	50,2	44,2	5,6	19,9	1,36
5. Донник	3,83	95,7	50,7	44,6	4,7	19,3	1,20
6. Гречиха	3,78	83,9	50,4	42,6	7,0	19,7	1,29

\*1-я фракция гуминовых кислот, «свободных» и связанных с полуторными окислами.

\*\* 2-я фракция гуминовых кислот, связанных с  $Ca^{2+}$ .

\*\*\* 3-я фракция гуминовых кислот, прочно связанных с минеральной основой почв.

Для горизонтов PU в посевах люцерны, из-за их большей гумусированности, зафиксированы и более высокие параметры каталазной активности почв до  $3,5 O_2 \text{ см}^3/\text{г}$  за

1 мин, что соответствовало средней обогащенности почв каталазой. Подобная обогащенность почв каталазой свойственна также почвам с посевами костреца и донника (3,3 и 3,0  $O_2$  см<sup>3</sup>/г за 1 мин соответственно). На контроле данный показатель составил 2,8  $O_2$  см<sup>3</sup>/г за 1 мин, что соответствовало слабой обогащенности почв каталазой. Такие показатели характерны и для почв с посевами клевера и гречихи (2,7 и 2,8  $O_2$  см<sup>3</sup>/г за 1 мин). На вариантах с посевами люцерны в 2014 году зафиксированы и наибольшие параметры продуцирования  $CO_2$  – до 3,53 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки из-за значительной интенсивности процессов трансформации органического вещества микрофлорой почв в посевах бобовых трав.

В посевах клевера и донника показатель эмиссии  $CO_2$  из почв составил 3,52 и 3,37 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки. На контроле продуцирование  $CO_2$  снижалось до 0,62 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки. В посевах костреца и гречихи эмиссия  $CO_2$  из почвы составляла соответственно 1,33 и 0,72 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки.

По средним показателям продуцирования С- $CO_2$  за 2013-2014 гг. установлен ряд по мере его возрастания: контроль 1,0 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки – гречиха 1,0 – кострец 1,30 – донник 2,34 – клевер 2,50 – люцерна 3,15 г С- $CO_2$  м<sup>2</sup>/сутки.

### **Заключение**

Проведенными исследованиями установлено, что посевы фитомелиорантов оказывают позитивное влияние на плодородие агротемногумусовых подбелов. Для почв свойственен средний уровень содержания гумуса и калия, высокая степень насыщенности почв основаниями, низкая гидролитическая кислотность. Почвы бедны фосфором, что связано с протеканием процесса конкрециобразования и связыванием фосфора в недоступное состояние для питания растений. Процессы гумусообразования протекают в условиях среднекислой реакции среды. По сравнению с 2013 годом в 2014 году на всех вариантах опыта зафиксировано увеличение содержания гумуса, что привело к изменению оптических параметров почв – к снижению интегрального отражения во всех вариантах опыта.

В составе гумуса среди гуминовых кислот доминировали свободные и связанные с  $Ca^{2+}$  гуминовые кислоты, количество которых достигало уровня средних значений. Тип гумуса фульватно-гуматный, что является явным позитивным моментом в улучшении плодородия почв.

Высокие параметры каталазной активности в посевах бобовых трав свидетельствовали о более интенсивных микробиологических процессах трансформации органического вещества, что подтверждалось показателями эмиссии  $CO_2$ .

Наиболее благоприятные условия среды на вариантах с посевами фитомелиорантов в 2014 году складывались в посевах с люцерной и клевером, в пахотных горизонтах которых установлено наибольшее возрастание содержания и запасов гумуса. Эти культуры можно рекомендовать для повышения плодородия агрогенных почв.

### Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Научное обоснование снятия и использования плодородного слоя почв при открытых разработках полезных ископаемых // Аграрная наука сельскохозяйственному производству Дальнего Востока к 75-летию образования Россельхозакадемии : сб. научных тр. ДВНМЦ РАСХН. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – 458 с.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягнцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
5. Михайлова Н.А., Орлов Д.С. Оптические свойства почв и почвенных компонентов. – М. : Наука, 1986. – 111 с.
6. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918-926.
7. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 287 с.
8. Постников Д.А., Курило А.А. Фитомелиоративное влияние горчицы белой и сафлора на содержание фосфора, калия и микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 15-17.
9. Пуртова Л.Н. Изменение показателей плодородия почв в агрообразцах Приморья в условиях фитомелиоративного опыта / Л.Н. Пуртова, Л.Н. Щапова, А.Н. Емельянов, С.Н. Иншакова // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 11. – С. 62-65.
10. Суюндуков Я.Т. Повышение устойчивости агроэкосистем степного Зауралья Республики Башкортостан приемами фитомелиорации / Я.Т. Суюндуков, Р.Ф. Хасанова, Э.Ф. Сальманова, М.Р. Абдуллин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1. – С. 244-248.
11. Шарков И.Н. Сравнительная характеристика двух модификаций абсорбционного метода определения дыхания почв // Почвоведение. – 1987. – № 10. – С. 153-157.

12. Balloi A. The role of microorganisms in bioremediation and phytoremediation of polluted and stressed soils / A Balloi, E. Roll, R. Marasco, F. Mapelli, I. Tamagnin, F. Capetelli, S. Borin, D. Daffonchico // *Agrochimica*. – 2010. – Vol. 54. – № 6. – P. 353-369.
13. Thori T. Effect of cultivation and abandonment of soil on soil organic matter in Northeastern Colorado / T. Thori, I.C. Burke, W.K. Lauenroth, D.P. Coffin // *Soil Sci. Soc. America J.* – 1995. – V. 59. - № 4. – P. 1112-1119.

**Рецензенты:**

Голов В.И., д.б.н., главный научный сотрудник сектора биогеохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Биолого-почвенный институт ДВО РАН», г. Владивосток;

Богачева А.В., д.б.н., старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Биолого-почвенный институт ДВО РАН», г. Владивосток.