



УДК 631.4

Использование оптических показателей в диагностике изменений экологического состояния агрозёмов Приморья

Л. Н. Пуртова

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: Purtova@ibss.dvo.ru

Аннотация. Применение минеральных удобрений в полевом опыте в посевах сои на агротёмногумусовых почвах оказывало неоднозначное влияние на процессы гумусообразования. Негативные изменения в трансформации органического вещества почв проявлялись в варианте с применением двойных доз минеральных удобрений и отражались на показателях гумусного состояния и интенсивности протекания стадий новообразования и полимеризации гуминовых кислот. В составе гумуса резко возросло содержание фульвокислот, а тип гумуса изменялся с гуматно-фульватного (контроль) на фульватный. Установлены различия в оптических показателях почв и их компонентов (гуминовых кислот). Со снижением содержания гумуса возросли показатели интегрального отражения почв. Предложено использование оптических показателей для оценки изменения экологического состояния агрогенных почв и уровня их плодородия.

Ключевые слова: гумус, гуминовые кислоты, агрогенные почвы, оптические показатели почв, энергозапасы почв.

Введение

Применение современных агротехнологий в земледелии, включающих использование удобрений и обработку гербицидами, оказывает влияние на процессы трансформации органического вещества почв, что отражается на показателях их гумусного статуса и экологическом состоянии почв в целом. Наиболее чувствительны к изменению экологической обстановки подвижные формы органических соединений, представляющие собой своеобразный сдерживающий барьер при разложении гумуса почв микрофлорой и инактивирующие отрицательное воздействие гербицидов. Эти формы органических соединений в качественном и количественном отношении весьма чувствительны к режимам агротехники и оказывают существенное влияние на продуктивность пашни.

Лабильные гумусовые вещества близки по элементному составу к новообразованным гумусовым кислотам, однако обладают специфическими особенностями. Эти соединения характеризуются высокой теплопроводной способностью, что позволяет считать их важной составляющей энергетического баланса почвы как источника энергии для динамических биохимических процессов [13]. Согласно номенклатурной схеме [4; 7], в составе лабильного органического вещества целесообразно выделять легкоразлагаемое органическое вещество

(ЛОВ) и подвижное органическое вещество (ПОВ), одной из составляющих которых являются гумусовые кислоты, прочно связанные с минеральными компонентами. Содержание ЛОВ связано с дозами вносимых удобрений, системой обработки почв [2; 3], а также с интенсивностью протекания микробиологических процессов.

В связи с этим особое внимание следует уделить совершенствованию индикационных методов для оценки изменений содержания ЛОВ и термодинамически устойчивых соединений (гумуса) в почвах и его энергозапасов, явно отражающих происходящие при применении современных агротехнологий изменения в экологической обстановке. К таким методам исследований относятся спектрофотометрические (определение интегрального отражения почв) и оптические методы (определение оптической плотности, коэффициента цветности гуминовых кислот). С содержанием гумуса также связаны показатели спектральной отражательной способности почв. Найдена обратная зависимость для пары – отражательная способность (R) и содержание органического углерода (C) [8]. Это позволяет применять спектрофотометрический анализ при исследовании как гумуса почв, так и гумусовых кислот, а также при изучении процесса гумификации, отражающегося в изменении количе-

ственного содержания органического углерода основных компонентов гумуса – гуминовых и фульвокислот [12]. Установлена тесная корреляция между коэффициентами цветности гуминовых кислот и содержанием в них углерода, кислорода и карбоксильных групп [6].

При этом исследованию характеристик ПОВ, отражающих складывающуюся при применении современных агротехнологий экологическую обстановку и уровень эффективного плодородия почв, не уделялось должного внимания. В связи с этим целью исследований явилось изучение влияния применения удобрений и обработки посевов сои гербицидом на содержание подвижных форм органического вещества почв, интенсивность процессов гумификации и оптико-энергетические показатели почв.

Материалы и методы

Объект исследований – агротёмногумусовые почвы (согласно классификации почв России [5]), составляющие основной пахотный фонд Приморского края. Для данного типа почв свойственно следующее морфологическое строение профиля: PU (10–25 см) + PUEL_{mn} (25–40 см) + BEL (40–55 см) + BT (55–75 см) + BTC (75–115 см). Почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: N легкогидролизуемый – 5,88; P₂O₅ – 4,3; K₂O – 10,7 мг/100 г почвы; рН_{KCl} – 6,6; Нг – 0,51 мг/экв. на 100 г почвы. Опыты проводились в полевом опыте в посевах сои сорта «Приморская 81» Приморского НИИСХ по схеме: вариант 1 – посев с обработкой гербицидом Пивот (действующее вещество имазетапир, в дозе 0,8 кг/га) без внесения удобрений (контроль); 2 – посев с обработкой гербицидом в сочетании с применением минеральных удобрений N₃₀P₆₀K₆₀; 3 – посев с обработкой гербицидом в сочетании с применением удвоенной дозы минеральных удобрений N₆₀P₁₂₀K₁₂₀; 4 – посев с обработкой гербицидом в сочетании с применением минеральных удобрений N₁₀P₂₅K₂₅ в рядок при посеве; 5 – посев по озимой ржи весеннего посева, без использования гербицидов и удобрений (с целью получения семян и экологически чистого продукта).

Содержание гумуса определяли по бихроматной окисляемости методом Тюрина [1], фракционно-групповой состав гумуса – по методу Кононовой – Бельчиковой [11]. Оценка показателей гумусного состояния почв проведена по шкалам, предложенным Д. С. Орловым с соавторами [10]. Запасы энергии, связанной с

содержанием гумуса, рассчитывали по методике Д. С. Орлова и Л. А. Гришиной [12]. Для характеристики интенсивности протекания разных стадий процесса гумификации использованы показатели, предложенные М. Ф. Овчинниковой: для оценки интенсивности процесса новообразования гуминовых кислот и формирования их подвижных форм – соотношение гуминовых кислот 1-й фракции с соответствующими фракциями фульвокислот (С_{гк-1}/С_{фк-1}); для оценки интенсивности процесса полимеризации гумусовых структур и формирования гуматов – соотношение С_{гк-2}/С_{фк-2} [9].

Определение подвижных форм органического вещества (ПОВ) проводили в водной вытяжке по бихроматной окисляемости методом Тюрина [1]. Оптические показатели почв – интегральное отражение (R, %) определяли на спектрофотометре СФ-18 (ЛОМО, Россия), оптическую плотность на фотоколориметре КФК-3 (ЗОМЗ, Россия).

Результаты и обсуждение

Процессы гумусообразования в агротёмногумусовых почвах в полевом опыте в посевах сои протекают преимущественно в слабощелочных условиях. В таких условиях несколько усилились процессы минерализации гумуса, что, судя по оценочным грациям [10], нашло отражение в изменении содержания и количественно-качественных характеристик гумуса. Во всех вариантах опыта определены показатели рН (табл. 1), установлены низкие показатели содержания гумуса и его энергозапасов (табл. 2). Отмеченное снижение энергозапасов почв с 375,4 в контроле до 338,9 млн ккал/га в варианте 3 с внесением двойных доз минеральных удобрений связано, вероятно, с активизацией процессов минерализации органического вещества микрофлорой.

Содержание одного из основных источников питания растений и микроорганизмов водорастворимого углерода, представляющее своеобразный сдерживающий барьер в разложении гумуса микрофлорой, превышало средние значения во всех вариантах опыта. В групповом составе гумуса преобладали фульвокислоты. В вариантах 2 и 3 с внесением минеральных удобрений и обработкой гербицидом тип гумуса изменялся по сравнению с контролем с фульватно-гуматного на фульватный.

В вариантах 4 и 5 существенных изменений типа гумуса не установлено: как и в контрольном опыте, он оставался фульватно-гуматным (табл. 3).

Таблица 1

Изменение показателей рНв и рНс в агротёмногумусовых почвах в опытных посевах сои

Вариант посева	рНв	рНс
1	7,87	7,06
2	7,72	6,98
3	7,64	6,90
4	7,81	7,04
5	7,81	7,09

Примечание для таблиц 1–4. Варианты полевых опытов с посевами сои: 1 – посев с обработкой гербицидом Пивот в дозе 0,8 кг/га без внесения удобрений (контроль); 2 – посев с обработкой гербицидом Пивот в дозе 0,8 кг/га в сочетании с минеральными удобрениями N₃₀P₆₀K₆₀; 3 – посев с обработкой гербицидом Пивот в дозе 0,8 кг/га в сочетании с удвоенной дозой минеральных удобрений N₆₀P₁₂₀K₁₂₀; 4 – посев с обработкой гербицидом Пивот в дозе 0,8 кг/га в сочетании с применением минеральных удобрений N₁₀P₂₅K₂₅ в рядок при посеве; 5 – посев по озимой ржи весеннего посева без использования гербицидов и удобрений.

Таблица 2

Содержание и энергозапасы гумуса в агротёмногумусовых почвах в опытных посевах сои

Вариант посева	Содержание гумуса, %	Свод, % к С _{общ.}	Энергозапасы почв, млн ккал/га
1	3,24	0,73	375,4
2	3,24	0,73	368,7
3	3,12	0,54	338,9
4	3,12	0,54	348,6
5	3,17	0,64	347,6

Таблица 3

Показатели гумусного состояния в пахотных горизонтах агротёмногумусовых почв в опытных посевах сои

Вариант посева	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0–20 см, т/га	Содержание гуминовых кислот % от суммы гуминовых кислот		Соотношение С _{гк} /С _{фк}
			«свободных»	связанных с Ca ²⁺	
1	3,24	72,5	19,29	80,71	0,75
2	3,24	71,2	19,29	80,71	0,60
3	3,12	65,5	7,60	92,35	0,62
4	3,12	67,4	13,80	76,84	0,71
5	3,17	67,2	21,08	78,92	0,78

Среди гуминовых кислот явно доминировали связанные с кальцием, их содержание в вариантах 2 и 3 достигало очень высоких значений. Это свидетельствует о более интенсивном протекании стадии полимеризации и конденсации гумусовых кислот, что подтверждают высокие показатели соотношения С_{гк-2}/С_{фк-2}: 6,99 в контроле; 6,99 и 4,04 в вариантах 2 и 3 соответственно.

В вариантах посевов сои с внесением малых доз минеральных удобрений (вариант 4) соотношение С_{гк-2}/С_{фк-2} несколько снижалось до 2,81, тогда как в варианте 5 без внесения минеральных удобрений интенсивность процесса полимеризации и конденсации гуму-

совых кислот несколько возростала: соотношение С_{гк-2}/С_{фк-2} увеличивалось до 3,18. При этом интенсивность процесса новообразования гумусовых кислот, судя по соотношению С_{гк-1}/С_{фк-1}, была значительно ниже по сравнению с интенсивностью процесса полимеризации во всех вариантах опыта. Показатель С_{гк-1}/С_{фк-1} составил 0,13 в вариантах 1 и 2 и 0,14 в вариантах 4 и 5, а в варианте 3 резко сокращался до 0,04, что явно характеризовало негативные изменения в ходе процессов гумификации. В этом варианте установлено также крайне низкое содержание «свободных» гуминовых кислот, тогда как в остальных оно соответствовало уровню очень низких и низких значений.

Исследования оптических показателей почв (интегральное отражение) и их компонентов гуминовых кислот (коэффициент цветности (щелочная и пирофосфатная вытяжка)) показали, что с уменьшением содержания гумуса (варианты 3 и 4) показатели интегрального отражения почв возросли до 25,8 %, тогда как в

контроле и вариантах 2 и 5 значения R составляли 24,9 % (табл. 4). При этом числовые значения коэффициента цветности гуминовых кислот в пирофосфатной вытяжке были более низкими, чем в щелочной, что связано с высоким содержанием углерода в гуминовых кислотах пирофосфатной вытяжки.

Таблица 4

Изменение оптических показателей почв и их компонентов в агротёмногумусовых почвах

Вариант посева	R, %	Q4/6	
		ГК 0,1N NaOH	ГК 0,1M Na ₄ P ₂ O ₇
1	24,9	4,91	3,33
2	24,9	4,73	2,99
3	25,8	5,89	3,18
4	25,8	9,25	3,49
5	24,9	9,00	1,83

Примечание: R – интегральное отражение, Q 4/6 – коэффициент цветности гуминовых кислот при λ 465 и 650 нм.

Прослеживаются существенные различия в определённых в 0,1 N NaOH вытяжке показателях цветности гуминовых кислот из горизонта PU агротёмногумусовых почв. Для вариантов 3, 4 и 5 зафиксированы более высокие показатели, что указывало на малый размер молекул гуминовых кислот, невысокое содержание кислорода и повышенное содержание карбоксиллов и гидроксиллов в их составе [6]. Более низкие показатели в вариантах 1 и 2 свидетельствовали о наличии более конденсированного ароматического ядра и менее развитых периферических группировок.

Между показателями Q4/6 и $C_{гк-2}/C_{фк-2}$ установлен высокий коэффициент корреляции ($r = -0,91$). Коэффициент корреляции между R и содержанием гумуса составил $-0,88$. Обратный характер этой связи указывает, что со снижением содержания гумуса и ухудшением уровня плодородия почв возрастало интегральное отражение. Эта зависимость даёт возможность использования оптических показателей в качестве индикационных при оценке изменения экологического состояния почв.

Выводы

1. Применение минеральных удобрений в полевом опыте в посевах сои на агротёмногумусовых почвах оказывало неоднозначное влияние на процессы гумусообразования. Негативные изменения в трансформации органического вещества почв проявлялись на варианте с применением двойных доз минеральных удобрений. Это отражалось как в показателях гумусного состояния, так и в интенсивности протекания стадий новообразования и полимеризации гуминовых кислот. В составе гумуса рез-

ко возрастало содержание фульвокислот, а тип гумуса изменялся с гуматно-фульватного (контроль) на фульватный.

2. Внесение небольших доз минеральных удобрений создавало более благоприятные условия для развития процесса гумификации (варианты 2 и 4).

3. Установлены существенные различия в показателях цветности гуминовых кислот в горизонте PU в 0,1 N NaOH вытяжке агротёмногумусовых почв. Для вариантов 3, 4 и 5 зафиксированы более высокие показатели цветности, что свидетельствовало о малом размере молекул гуминовых кислот, невысоком содержании кислорода, и повышенном содержании карбоксиллов и гидроксиллов в составе гуминовых кислот. На вариантах 1 и 2 снижение показателей цветности гуминовых кислот указывало на наличие более конденсированного ароматического ядра и менее развитых периферических группировок.

4. С уменьшением содержания гумуса (варианты 3 и 4) возросли показатели интегрального отражения почв. Между показателями Q4/6 и $C_{гк-2}/C_{фк-2}$, R – гумус установлены высокие коэффициенты корреляции ($r = -0,91$; $r = -0,88$). Это свидетельствовало о возможности использования оптических показателей в качестве индикационных при оценке складывающегося экологического состояния почв и уровня их плодородия.

Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв // Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.

2. Завьялова Н. Е. Влияние длительного применения систем удобрения на содержание лабильного органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы / Н. Е. Завьялова, В. Р. Ямалтдинова // Аграр. вестн. Урала. – 2010. – № 4 (70). – С. 76–78.
3. Концепция оптимизации органического вещества почв в ландшафтах / В. И. Кирюшин [и др.] – М. : Изд-во МСХА, 1993. – 97 с.
4. К вопросу о лабильном органическом веществе почв / В. Г. Мамонтов [и др.] // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 20–22.
5. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.] ; под ред. Г. В. Добровольского. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
6. Кленов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири / Б. М. Кленов. – Новосибирск : Изд-во СО РАН фил. «ГЕО». – 2000. – 174 с.
7. Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции / В. Г. Мамонтов [и др.] // Изв. ТСХА. – 2000. – Вып. 4. – С. 93–108.
8. Михайлова Н. А. Оптические свойства почв и почвенных компонентов / Н. А. Михайлова, Д. С. Орлов. – М. : Наука, 1986. – 120 с.
9. Овчинникова М. Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях / М. Ф. Овчинникова // Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение. – 2009. – № 1. – С. 12–18.
10. Орлов Д. С. Дополнительные показатели оценки гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 918–926.
11. Орлов Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 287 с.
12. Пуртова Л. Н. Влияние гербицидов на процессы гумификации и оптико-энергетические показатели агрогенных почв Приморья / Л. Н. Пуртова, Н. М. Костенков // Агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 3–8.
13. Рукагантамбара Хамуду. Сравнительная характеристика лабильных гумусовых веществ целинных почв : автореф. дис. ... канд. биол. наук. / Хамуду Рукагантамбара. – М., 2006. – 18 с.

The use of optical parameters in the diagnostics of changes in environmental condition of agrozems in Primorye

L. N. Purtova

Institute of Biology and Soil Science FEB RAS

Abstract. Application of mineral fertilizer in field stories in crops of soybeans on agro-dark-humus soils of Primorye has an ambiguous effect on humus generation. Negative changes in soil organic matter transformation occurred in the version with the use of double doses of mineral fertilizers. This is reflected in the indicators of humus state and the intensity of the stages of tumors and polymerization of humus acids. In the humus content of fulvic acids increased and humus type changed from humate-fulvate (control) at fulvate. The differences in optical performance of soils and their components (humic acids) were established. With a reduction in the humus content increased soil reflectance. The optical indicators for measuring changes of ecological condition of agro-dark-humus soils and their level of fertility were proposed.

Key words: Humus, humic acids, agrogenic soils, optical parameters of soils, energetic stocks

*Пуртова Людмила Николаевна
Биолого-почвенный институт ДВО РАН
690022, г. Владивосток, пр. 100 лет
Владивостоку, 159
доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
тел.(4232) 31-01-80
E-mail: Purtova@ibss.dvo.ru*

*Purtova Lyudmila Nikolaevna
Institute of Biology and Soil Science FEB RAS
159 100 let Vladivostoku Av., Vladivostok, 690022
Dr. Sc. of Biology,
senior research scientist
phone: (4232) 31-01-80
E-mail: Purtova@ibss.dvo.ru*