



УДК 631.4

Л.Н. Пуртова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЗЕМОВ ПРИМОРЬЯ

Исследованы изменения в содержании подвижного органического вещества, гумуса в агротемно-гумусовых почвах Приморья при внесении различных доз минеральных удобрений и применении гербицида. Установлены различия в оптических показателях почв и их компонентов (гуминовых кислот). Предложены оптические показатели для оценки изменения экологического состояния агрогенных почв.

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

L.N. Purtova

THE USE OF OPTICAL PARAMETERS IN THE DIAGNOSIS OF ENVIRONMENTAL CONDITION CHANGES IN PRIMORYE AGROZEMS

The changes in the contents of mobile organic matter, humus, in the agrodarkhumus soils of Primorye in the introduction of mineral fertilizer various doses and herbicide application are researched. The differences in the soil optical indicators and their components (humic acids) are established. The optical indicators for the assessment of change in the environmental conditions of agrogenic soil are proposed.

Key words: humus, humus acids, agrogenic soils, soil optical parameters, soil energetic reserves.

Введение. Применение современных агротехнологий в земледелии, к которым относится использование удобрений, обработка гербицидами оказывает влияние на процессы трансформации органического вещества. Это отражается на показателях гумусного состояния 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 условиям агротехники и оказывают существенное влияние на продуктивность пашни.

По элементному составу лабильные гумусовые вещества близки к новообразованным гумусовым кислотам, но при этом обладают специфическими особенностями. Лабильные гумусовые вещества характеризуются высокой теплотворной способностью, что позволяет считать их важной составляющей энергетического баланса почвы, особенно как источника энергии для динамических биохимических процессов [2, 5]. Согласно номенклатурной схеме [8], в составе лабильного органического вещества целесообразно выделять легкоразлагаемое органическое вещество и подвижное органическое вещество, одной из составляющих которых являются гумусовые кислоты, непрочно связанные с минеральными компонентами. В связи с этим особое внимание следует уделить индикационным методам для оценки изменений в содержании как лабильных органических веществ, так и термодинамически устойчивых соединений (гумуса) в почвах и его энергозапасам, явно отражающих происходящие изменения в экологической обстановке при применении современных агротехнологий с использованием минеральных удобрений и гербицидов. К таким методам исследований относятся спектрофотометрические (определение интегрального отражения почв – R) и оптические методы (определение оптической плотности – D), коэффициента цветности гуминовых кислот (Q4/6). Установлено, что с содержанием гумуса связаны показатели спектральной отражательной способности почв, найдена обратная зависимость для пары – отражательная способность (R) и содержание органического уг-

лерода (C) [9]. Это позволяет применять спектрофотометрический анализ как при исследовании гумуса почв, так и гумусовых кислот, а также при изучении процесса гумификации, отражающегося в изменении количественного содержания органического углерода основных компонентов гумуса – гуминовых и фульвокислот [13]. Установлена тесная корреляция между коэффициентами цветности гуминовых кислот и содержанием в них углерода, кислорода и карбоксильных групп [6]. Однако исследованию подвижного органического вещества почв и его оптических показателей, отражающих складывающуюся экологическую обстановку, не уделялось должного внимания.

Цель исследований. Изучение влияния применения удобрений с обработкой посевов сои гербицидом на содержание подвижных форм органического вещества почв, интенсивность процессов гумификации и оптико-энергетические показатели почв.

Объекты методы исследований. Объектом исследований стали агротемногумусовые почвы, составляющие согласно классификации и диагностики почв основной пахотный фонд Приморского края. Для данного типа почв свойственно следующее морфологическое строение профиля: PU (10–25 см) + PUEL_{nn} (25–40 см) + BEL (40–55 см) + BT (55–75 см) + BTC (75–115 см). Почва перед закладкой опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: N легкогидролизующий – 5,88; K₂O – 10,7 мг/100 г почвы; pH_{KCl} – 6,6; высокая степень насыщенности основаниями (72 %). Опыты проводились в полевом опыте в посевах сои сорта Приморская 81 в Приморском НИИСХ по следующей схеме: 1-й вариант – соя с обработкой гербицидом Пивот (д.в. имазетапир в дозе 0,8 кг/га); без удобрений (контроль); 2-й вариант – соя с обработкой гербицидом в сочетании с минеральными удобрениями N₃₀P₆₀K₆₀; 3-й вариант – соя с обработкой гербицидом с удвоенной дозой минеральных удобрений N₆₀P₁₂₀K₁₂₀; 4-й вариант – соя с обработкой гербицидом с применением удобрений N₁₀P₂₅K₂₅ в рядок при посеве; 5-й вариант – соя, посеянная по озимой ржи весеннего посева, без 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 Кононовой-Бельчиковой [12]. Оценка показателей гумусного состояния почв проведена по шкалам, предложенным Д.С. Орловым [11]. 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 использовались 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 ($C_{гк-1}/C_{фк-1}$); для оценки интенсивности процесса полимеризации гумусовых структур и формирования гуматов – $C_{гк-2}/C_{фк-2}$ [10]. Определение подвижных форм органического вещества проводили в водной вытяжке по бихроматной окисляемости методом Тюрина [1]. Оптические показатели почв – интегральное отражение (R, %) определяли на спектрофотометре СФ-18, оптическую плотность на фотокалориметре КФК-3.

Результаты исследований и их обсуждение. Процессы гумусообразования в агротемногумусовых почвах в полевом опыте в посевах сои в основном протекают в слабощелочных условиях (табл. 1). В таких условиях несколько усилились процессы минерализации гумуса, что нашло отражение, судя по оценочным грациям [11], в содержании и количественно-качественных характеристиках гумуса. Для всех исследуемых вариантов опыта свойственны низкие показатели содержания гумуса и его энергозапасов (табл. 2). Снижение энергозапасов почв с 375,4 до 338,9 млн ккал/га по сравнению с контролем отмечено в 3-м варианте с внесением двойных доз минеральных удобрений и связано, вероятно, с активизацией процессов минерализации органического вещества микрофлорой.

Таблица 1

Изменение pH_{нв} в агротемногумусовых почвах в полевом опыте в посевах сои

Вариант опыта	Гербицид	pH _{нв}
1. Контроль Соя (Пивот)	Пивот 0,8 кг/га	7,87
2. Соя, N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (Пивот)	То же	7,72
3. Соя, N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ (Пивот)	То же	7,64
4. Соя, N ₁₀ P ₂₅ K ₂₅	То же	7,81
5. Соя+рожь	Без обработок	7,81

Таблица 2

Содержание и энергозапасы гумуса в агротемногумусовых почвах в полевом опыте в посевах сои

Вариант опыта	Содержание гумуса, %	Свод, % к $C_{общ}$	Энергозапасы почв, млн ккал/га
1. Контроль (Пивот)	3,24	0,73	375,4
2. Соя, $N_{30}P_{60}K_{60}$ (Пивот)	3,24	0,73	368,7
3. Соя, $N_{60}P_{120}K_{120}$ (Пивот)	3,12	0,54	338,9
4. Соя, удобрение в рядок, $N_{10}P_{25}K_{25}$ (Пивот)	3,12	0,54	348,6
5. Соя+ рожь (без обработок)	3,17	0,64	347,6

Количество водорастворимого углерода достигало уровня выше средних значений во всех вариантах опыта. В групповом составе гумуса преобладали фульвокислоты. Во 2- и 3-м вариантах с внесением минеральных удобрений и обработкой гербицидом (Пивот) тип гумуса изменялся по сравнению с контролем с фульватно-гуматного на фульватный. В 4- и 5-м вариантах существенных изменений в типе гумуса не установлено, как и в контроле, он оставался фульватно-гуматым (табл. 3). Среди гуминовых кислот явно доминировали гуминовые кислоты, связанные с кальцием, содержание которых в 2- и 3-м вариантах опыта с внесением минеральных удобрений и обработкой гербицидом достигало очень высоких значений.

Это свидетельствовало о протекании более интенсивной стадии полимеризации и конденсации гумусовых кислот, что подтверждалось высокими показателями соотношения $C_{гк-2}/C_{фк-2}$: в контроле – 6,99; во 2-м варианте – 6,99; в 3-м варианте – 4,04. В вариантах в посевах сои с внесением малых доз минеральных удобрений и посевом ржи (вариант 4) соотношение $C_{гк-2}/C_{фк-2}$ несколько снижалось до 2,81, тогда как на в 5-м варианте без внесения минеральных удобрений интенсивность процесса полимеризации и конденсации гумусовых кислот несколько возрастала, а соотношение $C_{гк-2}/C_{фк-2}$ увеличивалось до 3,18.

Таблица 3

Показатели гумусного состояния в пахотных горизонтах агротемногумусовых почв в посевах сои

Вариант опыта	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0-20 см, т/га	Содержание гуминовых кислот		Сгк/Сфк
			"свободных"	связанных с Ca ²⁺	
			% от суммы гуминовых кислот		
1. Контроль (Пивот)	3,24	72,5	19,29	80,71	0,75
2. Соя, N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (Пивот)	3,24	71,2	19,29	80,71	0,60
3. Соя, N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ (Пивот)	3,12	65,5	7,60	92,35	0,62
4. Соя, удобрение в рядок, N ₁₀ P ₂₅ K ₂₅ (пивот)	3,12	67,4	13,80	76,84	0,71
5. Соя+ рожь	3,17	67,2	21,08	78,92	0,78

Интенсивность процесса новообразования гумусовых кислот была значительно ниже во всех вариантах опыта. Показатели $C_{гк-1}/C_{фк-1}$ составили в 1–2 вариантах 0,13; в 4–5 вариантах – 0,14. В 3-м варианте с внесением двойных доз минеральных удобрений соотношение $C_{гк-1}/C_{фк-1}$ резко сокращалось до 0,04, что явно характеризовало негативные изменения в протекании процессов гумификации. Установлено также крайне низкое содержание "свободных" гуминовых кислот, тогда как в большинстве вариантов оно соответствовало уровню очень низких и низких значений.

Исследованиями оптических показателей почв (интегральное отражение) и их компонентов гуминовых кислот – коэффициент цветности (щелочная и пирофосфатная вытяжка) установлено, что с уменьшением содержания гумуса (варианты 3, 4) возросли показатели интегрального отражения почв до 25,8 %, тогда как в вариантах 2 и 5 значения R составляли, как и в контроле, 24,9 % (табл. 4). При этом числовые значения коэф-

фициента цветности гуминовых кислот в пирофосфатной вытяжке были более низкие, чем в щелочной вытяжке. Связано это с большим содержанием углерода в гуминовых кислотах пирофосфатной вытяжки.

Таблица 4

Изменение оптических показателей почв и их компонентов в агротемногумусовых почвах

Вариант опыта	R, %	Q4/6	
		ГК 0,1N NaOH	ГК 0,1M Na4P2O7
1. Контроль Соя (Пивот)	24,9	4,91	3,33
2. Соя N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (Пивот)	24,9	4,73	2,99
3. Соя, N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ (Пивот)	25,8	5,89	3,18
4. Соя, N ₁₀ P ₂₅ K ₂₅ (Пивот)	25,8	9,25	3,49
5. Соя+рожь	24,9	9,00	1,83

Примечание. R – интегральное отражение почв; Q4/6 – коэффициент цветности гуминовых кислот при λ 465 и 650 нм.

Прослеживались существенные различия в показателях цветности гуминовых кислот в горизонте PU в 0,1 N NaOH вытяжке агротемногумусовых почв. В вариантах 3, 4 и 5 зафиксированы более высокие показатели цветности, что указывает на малый размер молекул гуминовых кислот, невысокое содержание кислорода и повышенное содержание карбоксиллов и гидроксиллов в их составе [6]. В вариантах 1 и 2 из-за наличия более конденсированного ароматического ядра и менее развитых периферических группировок в строении гуминовых кислот их показатели цветности снижались. Между показателями Q4/6 и Сгк-2/Сфк-2 установлен высокий коэффициент корреляции ($r = -0,91$). Для пары R – гумус коэффициент корреляции составил $-0,88$.

Выводы

1. Применение минеральных удобрений в полевом опыте в посевах сои на агротемногумусовых почвах оказывало неоднозначное влияние на процессы гумусообразования. Негативные изменения в трансформации органического вещества почв проявлялись на варианте с применением двойных доз минеральных удобрений. В составе гумуса резко 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, 4).

3. Установлены существенные различия в показателях цветности гуминовых кислот в горизонте PU в 0,1 N NaOH вытяжке агротемногумусовых почв. Для вариантов 3, 4, 5 зафиксированы более высокие показатели цветности.

4. С уменьшением содержания гумуса (варианты 3, 4) возросли показатели интегрального отражения почв. Между показателями Q4/6 и Сгк-2/Сфк-2, R – гумус установлены высокие коэффициенты корреляции ($r = -0,91$; $r = -0,88$). Это дает возможность 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. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Завьялова Н.Е., Ямалтдинова В.Р. Влияние длительного применения систем удобрения на содержание лабильного органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы // Аграр. вестн. Урала. – 2010. – № 4. – С. 76–78.
3. Концепция оптимизации органического вещества почв в ландшафтах / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев [и др.]. – М.: Изд-во МСХА, 1993. – 97 с.

4. К вопросу о лабильном органическом веществе почв / В.Г. Мамонтов, Р.А. Афанасьев, Л.П. Родионова [и др.] // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 20–22.
5. Рукагантамбара Хамуду. Сравнительная характеристика лабильных гумусовых веществ целинных почв: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2006. – 18 с.
6. Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. – Новосибирск: ГЕО, 2000. – 174 с.
7. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева [и др.]; под ред. Г.В. Добровольского. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
8. Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции / В.Г. Мамонтов, Л.П. Родионова, Ф.Ф. Быковский [и др.] // Изв. ТСХА. – 2000. – Вып. 4. – С. 93–108.
9. Михайлова Н.А., Орлов Д.С. Оптические свойства почв и почвенных компонентов. – М.: Наука, 1986. – 120 с.
10. Овчинникова М.Ф. Особенности трансформации гумусовых веществ дерново-подзолистых почв при агрогенных воздействиях // Вестн. МГУ. – 2009. – № 1. – С. 12–18.
11. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели оценки гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 918–926.
12. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 287 с.
13. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Влияние гербицидов на процессы гумификации и оптико-энергетические показатели агрогенных почв Приморья // Агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 3–8.

