

**ДИНАМИКА ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ
ЭКСКРЕЦИЙ *ALCES ALCES* (L.) В ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

О.М. Пилипко

Дніпропетровський національний університет

ДИНАМИКА ГРУППОВОГО СКЛАДУ ГУМУСУ ПРИ РОЗКЛАДАННІ ЕКСКРЕЦІЙ *ALCES ALCES* (L.) В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Досліджена динаміка групового складу гумусу суглинистого та супіщаного ґрунту під дією розкладу екскрецій лося за 1, 3, 6 та 12 місяців в умовах забруднення ґрунту солями кадмію.

Ключові слова: екскреції, органічна речовина, гумус, експеримент.

O.M. Pilipko

Dnipropetrovsk National University

**DYNAMICS OF HUMUS GROUP COMPOSITION UNDER DECOMPOSING
OF EXCREMENTS OF ELK (*L.*) IN THE EXPERIMENT**

The research is devoted to dynamics of humus group composition in Cd polluted medium loam soil and sandy loam soil under decomposing of excrements of the elk after 1, 3, 6 and 12 months of exposition.

Key words: excrement, organic substance, humus, experiment.

А.Л. Бельгард (1971) считал, что животное население леса является важным звеном в осуществлении биологического круговорота веществ. Лесное сообщество невозможно представить без зоокомпонентов. Каждый из компонентов, входящих в состав лесного биогеоценоза, может изучаться соответствующим специалистом. Однако такое исследование не должно проводиться в отрыве от исследования других компонентов этого сложного комплекса.

В условиях интенсивного земледелия повсеместно наблюдается дегумификация почв. В орошаемом земледелии степной зоны Украины среднегодовые потери гумуса вследствие его минерализации составляют 1,13–1,15 т/га (Деревянко и др., 1990). Для достижения бездефицитного баланса гумуса в орошаемых почвах необходимо внесение более чем 14–17 т/га навоза ежегодно (Особенности ..., 1994).

Для выяснения роли экскреторного опада (на примере экскреций лося) в формировании физико-химических свойств суглинистых и супесчаных почв нами была поставлена серия лабораторных экспериментов на основе использования матрицы планирования 2³ (Налимов, 1970; Адлер, 1971). Показатель степени здесь указывает число факторов, а основание – число уровней факторов. Благодаря такой структуре эксперимента оказалось возможным идентифицировать математические модели, отражающие динамику общего углерода, углерода гуминовых и фульвокислот, отношение гуминовых кислот к фульвокислотам, а также отношение оптических плотностей (E_{465}/E_{665}) гуминовых кислот, выделить факторы и их взаимодействие, существенно влияющие на изучаемые почвенные процессы.

В экспериментах варьировались масса экскреций, норма полива, а также содержание кадмия (табл. 1), относящегося к 1-й категории опасности по степени токсичного действия на биоту (Цветкова, Кулик, 1996). Субстратом для первого эксперимента служила суглинистая почва, а для второго – супесчаная.

Суглинистая почва была отобрана из липово-ясеновой дубравы (байрак «Капитановский», пробная площадь 204). Тип лесорастительных условий – суглинок свежеватый. Почва – чернозем лесной, сильнолессивированный, многогумусный, средневыхлещелоченный, тяжелосуглинистый, слабосмытый (Травлеев, 1976). Слой – 0–20 см.

Супесчаная почва отобрана из свежей субори, расположенной в понижении арены р. Самары Днепропетровской. Тип лесорастительных условий – супесь свежая (СП₂). Почва – дерново-боровая супесчаная (Травлеев, 1976).

Анализ общего гумуса в почве проводился по методике И.В. Тюрина, группового состава гумуса – по методике Кононовой и Бельниковой.

Гумус – сложная многокомпонентная система, которая служит источником питания растений и микроорганизмов. Гумус оказывает положительное влияние на процессы, протекающие в системе почва – растение, на тепловой баланс, формирование физико-химических свойств, улучшение физических свойств почвы, создание оптимального водно-воздушного режима (Особенности ..., 1994).

Механизмом, который лежит в основе формирования почв, является образование продуктов органо-минеральных взаимодействий, различающихся природой и свойствами их составляющих, способностью к миграции, устойчивостью к биологической и химической деградации. Развитие теории органо-минеральных взаимодействий связано с именами И.В. Тюрина (1937), А.Ф. Тюлина (1938, 1939), Л.Н. Александровой (1980), В.В. Пономаревой (1980), Д.С. Орлова (1988, 1990). Интенсивные исследования в этом направлении проводились и проводятся за рубежом (Андерсон, 1981; Гринланд, 1971; Мортланд, 1970 и др.). По мнению С.П. Кравкова (1909), гумусообразование является результатом взаимодействия органических перегнойных соединений с минеральными составными частями почвы.

Продукты органо-минеральных взаимодействий представляют собой, с одной стороны, форму накопления и консервации органического вещества и тем самым являются своеобразными накопителями энергии, необходимой для произрастания растений, с другой – форму стабилизации минеральной массы верхних слоев почвы, а процессы, приводящие к их образованию, – важнейшие природные механизмы, регулирующие круговорот веществ на Земле.

Согласно учению В.Р. Вильямса (1939) одним из основных факторов плодородия почвы является накопление в ней большего количества элементов питания в усвояемой форме. Е.В. Кречетова (1994) указывала на то, что биохимическая трансформация органических остатков в биосфере включает множество процессов, одним из которых является гумификация – процесс образования и накопления специфических гуминовых веществ. Эти вещества обнаружены и в различной степени изучены в современных и ископаемых почвах.

Гуминовые вещества выполняют и функции, связанные с нормализацией экологической ситуации в регионах, испытывающих мощный техногенный прессинг. Из литературы известно (Богдарина, 1961; Пятницкий, 1948), что почвы, обогащенные органическим веществом, и особенно гуминовыми кислотами или гуматами, более устойчивы к действию химических загрязняющих веществ, чем почвы малогумусные. Эта функция связана с высоким содержанием в гуминовых кислотах различных функциональных групп, в том числе карбоксильных, аминных, фенольных, гидроксильных, участвующих в формировании простых (гетеровалентных) и сложных (комплексно-гетеровалентных) органо-минеральных соединений. В такой форме токсичные для растений катионы металлов становятся малоподвижными и недоступными для растений, что снижает поступление поллютантов в растения и в известной мере нормализует токсико-экологическую ситуацию загрязненных территорий. Эти обстоятельства привлекли внимание и интерес к гуминовым веществам, формирующимся и функционирующим в различных природных средах. Их значение было понято в глобальном масштабе, что привело к созданию в начале 1980-х гг. Международного общества по изучению гуминовых веществ.

Ученым принадлежат очень большие заслуги в области исследования гуминовых, гуматомелановых кислот, фульвокислот. Работы И.В. Тюрина (1937), М.М. Кононовой (1951), Л.Н. Александровой (1980), В.В. Пономаревой (1980) получили заслуженное признание во всем мире. Среди гипотез гумусообразования наибольшим признанием пользуются полимеризационные конденсационные гипотезы (Кононова, 1980) и гипотеза окислительного кислотообразования (Александрова, 1980). Д.С. Орлов (1990) полагает, что оба пути гумусообразования возможны и реально существуют и что преобладание одного из них зависит от условий почвообразования. В работе «Биохимические принципы и правила гумификации» (Орлов, 1988) высказана мысль о возможности различных путей формирования фульво- и гуминовых кислот: «фульвокислоты вряд ли могут быть предшественниками или продуктами распада гуминовых кислот, но образуют совершенно обособленную группу».

Согласно Л.Н. Александровой (1980) образование гумусовых веществ сопряжено с последующей их трансформацией.

Органическое вещество почвы и его главнейший специфический компонент – гумус являются не только запасными источниками всех элементов питания растения, но и регуляторами главнейших химико-физических и биологических свойств почвы, обуславливающих водно-воздушный и питательный режим растений. Интенсификация земледелия с ее возрастающими антропогенными нагрузками на почву, приводящими к снижению запасов гумуса, и задачи, связанные с обеспечением его воспроизводства в большинстве обрабатываемых почв, настоятельно требуют углубленного изучения влияния удобрений (навоза) на баланс органического вещества и направленность биологических процессов, лежащих в основе гумусообразования. Растительные и животные млекопитающие, как и вообще животные-фитофаги, играют важнейшую роль в разложении и минерализации растительного органического вещества и выступают в экосистемах в качестве редуцентов. (В данном случае оценка проведена на входе и выходе из организма и расщепление органики рассматривается как функция данного организма.)

Удобрения оказывают существенное влияние на трансформацию органического вещества. По В.Р. Вильямсу (1939), навозу принадлежит еще одно свойство – стимулирование биологической деятельности почвы, что объясняется наличием в нем огромного количества микроорганизмов и быстрым использованием навоза в качестве энергетического материала почвенной микрофлорой. Это имеет большое значение для сохранения почвенного перегноя, так как в случае недостатка органических веществ микроорганизмы используют гумус почвы в качестве источника энергии.

Применение навоза, продуктов переработки его жидких видов, а также навоза вместе с минеральными удобрениями способствует улучшению гумусного состояния почв. Причем под влиянием подстилочного навоза в составе гумуса увеличивается доля гуминовых кислот, в то время как при удобрении сельскохозяйственных культур минеральными туками и продуктом переработки жидкого навоза – активным илом в составе гумуса увеличивается доля фульвокислот. На качественный состав гумуса существенное влияние оказывает окультуренность почв. Относительно качественного состава гумуса следует отметить, что с увеличением степени окультуренности почвы увеличивается степень гумификации органических веществ, содержание «свободных» гумусовых кислот, негидролизуемого остатка, фульвокислот, а также подвижного органического вещества или лабильных гумусовых веществ. В то же время уменьшается относительное содержание гумусовых кислот, связанных с кальцием, уменьшается коэффициент цветности. Отношение оптических плотностей E_{465}/E_{665} показывает характер кривых оптической плотности и свидетельствует о последовательном возрастании степени конденсированности ароматических сеток углеродных атомов в гуминовых кислотах от подзолистых почв к черноземам при одновременном уменьшении в их молекулах боковых алифатических цепей. Ароматическая структура молекулы гуминовой кислоты обладает гидрофобными свойствами, а боковые цепи содержат группировки с гидрофильными свойствами; преобладание той или иной структуры определяет гидрофильность гуминовой кислоты. Таким образом, с повышением окультуренности в гумусе почвы происходят изменения, заключающиеся в абсолютном и относительном увеличении содержания лабильных фракций, которые менее ароматизированы и конденсированы. Все это благоприятствует повышению эффективного плодородия почвы. Возникает вопрос о путях предотвращения потерь и увеличения содержания гумуса в почвах, а также улучшения его качества. Анализ результатов полевых опытов в Украине позволил разработать комплекс мероприятий по воспроизводству гумуса в почвах, который заключается в увеличении поступления органических веществ, в частности внесении органических и минеральных удобрений.

Вопросами разложения органического материала на примере листового опада занималась А.А. Дубина (1978). По накоплению данных о количестве экскреторного опада лосей в степных лесах Украины большая заслуга принадлежит В.Л. Булахову и А.Е. Пахомову (1998, 1999, 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выяснения роли экскреторного опада в формировании физико-химических свойств суглинистых и супесчаных почв нами был проведен лабораторный эксперимент, план которого соответствует матрице плана эксперимента 2^3 (табл. 1).

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Масса экскреций, г	Полив, мл	Содержание кадмия, мг/150 г почвы
1	3	50	0,63
2	8	50	0,63
3	3	100	0,63
4	8	100	0,63
5	3	50	3,15
6	8	50	3,15
7	3	100	3,15
8	8	100	3,15
9	5,5	75	1,89

Данная матрица является планом каждого опыта в эксперименте, показывающая, что каждый фактор имеет четырехкратную повторность и варьируется на двух уровнях – верхнем (фактор принимает максимальное значение) и нижнем (минимальное значение фактора). Таким образом, масса экскреций 3 г соответствует нижнему уровню фактора, а 8 г – верхнему. Полив варьируется на уровне – 50 и 100 мл, содержание кадмия – 0,63 и 3,15 мг/150 г почвы. Опыт № 9 представляет собой центр эксперимента – среднее арифметическое нижнего и верхнего уровней фактора. Он был использован для проверки адекватности предлагаемых математических моделей. (Под адекватностью мы понимаем способность модели предсказывать результаты эксперимента в некоторой области с требуемой точностью).

Рассмотрим влияние варьируемых переменных на формирование специфических особенностей трансформации органического вещества в первом эксперименте за 1, 3, 6 и 12 месяцев.

1 МЕСЯЦ

Общий органический углерод ($C_{\text{общ.}}$)

$$y = 3,24 - 0,31PolCd \quad (R^2 = 60 \%)$$

Анализ уравнения показывает, что накопление общего углерода связано с взаимодействием полива и кадмия.

Количество общего углерода при увеличении полива от 50 до 100 мл, если содержание кадмия составляет

- 0,63 мг, – увеличивается на 19 %,
- 3,15 мг, – уменьшается на 19 %.

Сходная картина наблюдается и при увеличении кадмия от 0,63 мг до 3,15 мг/150 г почвы, если полив поддерживать на уровне

- 50 мл, – содержание общего углерода увеличивается на 19 %,
- 100 мл, – содержание углерода уменьшается на ту же величину.

Таким образом, стабилизации органического вещества в почвах можно достигнуть двумя путями: 1) улучшить водный режим субстратов с незначительным содержанием тяжелых металлов; 2) несколько снизить поступление влаги в условиях повышения загрязнения субстратов солями кадмия.

3 МЕСЯЦА

Углерод гуминовых кислот ($C_{гк}$)

$$y = 6,2 - 1,15Pol Cd (R^2 = 59 \%)$$

На углерод гуминовых кислот оказывает влияние взаимодействия полива и кадмия.

Содержание углерода гуминовых кислот при увеличении

- полива от 50 до 100 мл, если концентрация кадмия составляет
 - 0,63 мг, – увеличивается на 38,7 %,
 - 3,15 мг, – уменьшается на 38,7 %;
- кадмия от 0,63 мг до 3,15 мг/150 г почвы, если норма полива
 - 50 мл, – увеличивается на 38,7 %,
 - 100 мл, – уменьшается на такую же величину.

Таким образом, для повышения содержания углерода гуминовых кислот в почве, необходимого для роста и развития растений в данном случае, следует уменьшить концентрацию тяжелого металла и норму полива.

Углерод фульвокислот ($C_{фк}$)

$$y = 12,9 + 1,52Pol - 0,94Cd - 1,04ExPol (R^2 = 93 \%)$$

На углерод фульвокислот оказывает влияние полив, кадмий и взаимодействие экскреций и полива.

Количество углерода фульвокислот при увеличении

- массы экскреций от 3 до 8 г, если норма полива составляет
 - 50 мл, – повышается на 16 %,
 - 100 мл, – уменьшается на те же 16 %;
- полива от 50 до 100 мл, если количество экскреций составляет
 - 3 г, – увеличивается на 39,7 %,
 - 8 г, – повышается на 7 %.

При повышении концентрации кадмия в почве от 0,63 до 3,15 мг заметно снижение $C_{фк}$ на 14,6 %.

К снижению углерода фульвокислот может привести увеличение нормы полива и концентрации кадмия.

6 МЕСЯЦЕВ

Общий углерод ($C_{общ.}$)

$$y = 3 - 0,3Ex - 0,39ExCd (R^2 = 80 \%)$$

Содержание общего углерода зависит от массы экскреций и концентрации кадмия.

Если увеличить в среде массу экскреций от 3 до 8 г, а концентрацию кадмия стабилизировать на уровне:

- 0,63 мг, – будет наблюдаться слабый положительный прирост содержания общего углерода на 6 %,
- 3,15 мг/150 г почвы, наоборот, – содержание углерода снизится на 46 %.

Количество общего углерода при увеличении концентрации Cd от 0,63 до 3,15 мг, если масса экскреций составляет

- 3 г, – увеличивается на 26 %,
- 8 г, – снижается на 26 %.

Углерод гуминовых кислот ($C_{гк}$)

$$y = 22,7 + 2,7ExCd (R^2 = 83 \%)$$

Содержание углерода гуминовых кислот при увеличении:

- количества экскреций от 3 до 8 г, если концентрация Cd составляет
 - 0,63 мг, – снижается на 23,8 %,
 - 3,15 мг, – накапливается на ту же величину;
- концентрации кадмия с 0,63 до 3,15 мг/150 г почвы, если количество экскреций составляет

- 3 г, – снижается на 23,8 %,
- 8 г, – увеличивается на 23,8 %.

Углерод фульвокислот ($C_{фк}$)

$$y = 10,9 + 2,9Ex (R^2 = 69 \%)$$

Изменение массы экскреций от 3 до 8 г приводит к накоплению в почве углерода фульвокислот, повышаясь до 53 %.

Соотношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$)

$$y = 2,5 - 0,72Pol (R^2 = 88 \%)$$

Наблюдается понижение соотношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот на 58 %. Это свидетельствует о накоплении в среде углерода фульвокислот вследствие чрезмерного полива.

12 МЕСЯЦЕВ

Общий углерод ($C_{общ.}$)

$$y = 2,43 - 0,21Pol (R^2 = 47 \%)$$

На содержание общего углерода влияет полив, увеличение которого от 50 до 100 мл приводит к уменьшению общего углерода на 17,3 %.

Рассмотрим результаты второго эксперимента.

6 МЕСЯЦЕВ

Углерод гуминовых кислот ($C_{гк}$)

$$y = 23,3 - 2,5 Pol + 6,2 Cd + 2,5 PolCd (R^2 = 98 \%)$$

На динамику углерода гуминовых кислот оказывают влияние полив и кадмий.

Содержание углерода гуминовых кислот снижается при увеличении нормы полива от 50 до 100 мл, если концентрация кадмия составляет

- 0,63 мг, – на 43 %,
- 3,15 мг, – на 0,17 %.

Содержание углерода гуминовых кислот повышается при увеличении концентрации кадмия от 0,63 до 3,15 мг/150 г почвы, если норма полива составляет

- 50 мл, – на 32 %,
- 100 мл, – на 75 %.

12 МЕСЯЦЕВ

Общий углерод ($C_{общ.}$)

$$y = 1,11 + 0,09 Ex (R^2 = 65 \%)$$

Содержание общего углерода изменяется в зависимости от массы экскреций. Если ее увеличить от 3 до 8 г, будет наблюдаться положительный прирост (16 %) содержания общего углерода.

Углерод гуминовых кислот ($C_{гк}$)

$$y = 18,3 + 0,42 Ex + 1,36 Pol + 0,98 Cd - 2,64 ExPol + 1,15 ExCd - 2,9 PolCd (R^2 = 99 \%)$$

На $C_{гк}$ оказывают влияние все три фактора. Охарактеризуем влияние каждого на динамику углерода гуминовых кислот.

Содержание углерода гуминовых кислот при увеличении

– количества экскреций от 3 до 8 г, если норму полива и концентрацию кадмия стабилизировать соответственно на уровнях

- 50 мл и 0,63 мг, – повышается на 21 %;
- 50 мл и 3,15 мг, – повышается на 46 %;
- 100 мл и 0,63 мг, – снижается на 37 %;
- 100 мл и 3,15 мг, – снижается на 11,7 %;
- нормы полива от 50 до 100 мл, если массу экскреций и концентрацию кадмия поддерживать соответственно на уровнях
 - 3 г и 0,63 мг, – повышается на 75 %;
 - 3 г и 3,15 мг, – повышается на 12 %;
 - 8 г и 0,63 мг, – повышается на 17,7 %;
 - 8 г и 3,15 мг, – снижается на 46 %;
- концентрации кадмия от 0,63 до 3,15 мг, если массу экскреций и норму полива зафиксировать, соответственно на уровнях
 - 3 г и 50 мл, – увеличивается на 29,8 %;
 - 3 г и 100 мл, – снижается на 33,6 %;
 - 8 г и 50 мл, – повышается на 55 %;
 - 8 г и 100 мл, – снижается на 8 %.

Таким образом, на содержание углерода гуминовых кислот большое влияние оказывает прежде всего количество влаги, с повышением которой от 50 до 100 мл наблюдается понижение содержания $C_{гк}$, что связано, очевидно, с его вымываемостью, а также количество экскреций, повышение которых от 3 до 8 г приводит к увеличению содержания углерода гуминовых кислот. Следовательно, для повышения содержания $C_{гк}$ необходимо увеличивать количество экскреций при умеренном поливе.

Соотношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$)
 $y = 0,25 + 0,03 Pol - 0,04 ExPol - 0,05 PolCd (R^2 = 97\%)$.

На изменение отношения $C_{гк}/C_{фк}$ влияние оказывают все три фактора.

Увеличение количества экскреций от 3 до 8 г, если норма полива составляет

- 50 мл, – повышает $C_{гк}/C_{фк}$ на 32 %;
- 100 мл, – наоборот, понижает данный показатель на ту же величину.

Соотношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот при увеличении

- полива от 50 до 100 мл, если массу экскреций и концентрацию кадмия зафиксировать соответственно на уровнях
 - 3 г и 0,63 мг, – повышается на 96 %;
 - 3 г и 3,15 мг, – повышается на 16 %;
 - 8 г и 0,63 мг – повышается на 32 %;
 - 8 г и 3,15 мг – снижается на 48 %.
- при увеличении концентрации кадмия от 0,63 до 3,15 мг/150 г почвы, если норма полива составляет
 - 50 мл, – увеличивается на 40 %;
 - 100 мл, – уменьшается на 40 %.

ВЫВОДЫ

Органическая масса удобрений при внесении их в почву составляет от 15 до 30 %. В среднем можно считать, что при внесении каждых 10 т органических удобрений в почву поступает менее 0,3 т органических веществ. Эти данные необходимо принимать во внимание при оценке органических удобрений как источника гумуса. Очевидно, что реальное значение в качестве гумусообразователей органические удобрения могут иметь лишь в случае применения значительных доз: порядка нескольких десятков тонн на 1 га (Александрова, 1980). Этот факт, наряду со всеми положительными качествами органических удобрений, является самым большим недостатком в применении экскреций животных для увеличения плодородия почвы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Ленинград: Наука, 1980. – 287 с.
- Бельгард А.Л. Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
- Богдарина А.А. Физиологические основы действия инсектицидов на растения. – М.: Сельхозгиз, 1961. – С. 31.
- Богдан Г.П. Анатомічне вивчення пошкодження провідної системи рослин алелопатично активними речовинами // Укр. ботан. журн. – 1971. – Т. 28, № 6. – 289 с.
- Вильямс В.Р. Почвоведение с основами земледелия. – М.: Сельхозгиз, 1939. – С. 435-436.
- Деревянко Р.Г., Бацула А.А., Медведева Л.С. Баланс гумуса в орошаемом земледелии Степной зоны Украинской ССР // Агрохимия и почвоведение. – 1990. – № 53. – С. 25-34.
- Кравков С.П. Явление взаимодействия с составными частями почвы продуктов разложения растительных остатков // Журнал опытной агрономии. – 1909. – Т. 10, кн. 1. – С. 1-34.
- Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 300 с.
- Кречетова Е.В. Сравнительная характеристика состава и свойств гуминовых кислот горючих сланцев и почв // Почвоведение. – 1994. – № 2. – С. 57-66.
- Орлов Д.С. Биохимические принципы и правила гумификации // Почвоведение. – 1988. – № 7. – С. 83-91.
- Орлов Д.С. Гумусовые кислоты и общая теория гумификации. – М.: Наука, 1990. – С. 25-32.
- Особенности гумусообразования при сидерации южных орошаемых черноземов / Г.А. Иутинская, Н.И. Иванова, С.К. Воцелко, С.П. Голобородько // Почвоведение. – 1994. – № 3. – С. 83-89.
- Пахомов А.Е. Биогеоэкологическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины: В 2 т. – Д.: ДГУ, 1998. – Т. 2. – С. 12.
- Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и гумусообразование. – Ленинград: Наука, 1980. – С. 25-29.
- Пятницкий Г.К., Переин С.А.. К вопросу агрохимической и химической борьбы с проволочниками // Докл. ВАСХНИЛ. – 1948. – № 5. – С. 23.
- Травлев Л.П. О локальных коэффициентах увлажнения эдафотопов в лесных биогеоценозах степной Украины // Вопросы степного лесоведения и охраны природы. – Д.: ДГУ, 1976. – С. 37-43
- Тюлин А.Ф. О формах связи гуминовых веществ с минеральной частью почвенных коллоидов и об их значении для понимания различных свойств почвенных коллоидов // Почвоведение. – 1938. – № 7-8. – С. 97-99.
- Тюлин А.Ф. Как отражается применение навоза на качестве и количестве коллоидов в подзолистых почвах // Химизация социалистического земледелия. – 1939. – № 7. – С. 36-40.
- Тюрин И.В. Органическое вещество почв. – М.; Ленинград: Сельхозгиз, 1937. – С. 67.
- Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. – М.; Ленинград: Сельхозгиз, 1937. – 286 с.
- Тюрин И.В., Кононова М.М. Биология гумуса и вопросы плодородия почв. – М.: АН СССР, 1962. – 123 с.
- Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – С. 78-97.
- Христева Л.А.. Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост высших растений и природа этого явления // Гуминовые удобрения: Теория и практика их применения. – Х., 1957. – Ч. 1. – С. 75.
- Цветкова Н.Н., Кулик А.Ф. Содержание и закономерности распределения марганца и железа в почвогрунтах естественных биогеоценозов среднего степного Приднепровья // Вопросы степного лесоведения и лесной рекультивации земель. – Д.: ДГУ, 1996. – С. 24-32.

Надійшла до редколегії 25.02.03