

Связь агрохимических и микробиологических показателей со степенью выпашивания черноземов Красноярского края

Шпедт А. А., Хижняк С. В., Картавых В. В.

Рассматривается накопление в чистых парах нитратного азота в зависимости от количества и качества органического вещества. По содержанию легкоразлагаемого органического вещества и подвижных гумусовых веществ оценивается степень выпашивания парующихся почв. Демонстрируется высокая корреляция между степенью выпашивания и численностью гетеротрофных бактерий, способных использовать минеральный азот.

Ключевые слова: *почва, чистый пар, гумус, подвижный гумус, легкоразлагаемое органическое вещество, нитратный азот, почвенные бактерии.*

Communication of agrochemical and microbiological indicators with vypakhivaniy's degree of chernozems of Krasnoyarsk Krai

A. A. Shpedt, S. V. Hizhnyak, V. V. Kartavyh

The accumulation of nitrate nitrogen in pure fallow depending on the quantity and quality of organic substance is considered in the article. The assessment of fallow soils plucking degree according to the content of easily decomposed organic substance and mobile humus substances is given. High correlation between vypakhivaniy's degree and number of heterotrophic bacteria able to use mineral nitrogen is demonstrated.

Keywords: *soil, pure fallow, humus, mobile humus, easily decomposed organic substance, nitrate nitrogen, soil bacteria.*

Введение

Каждой почве присуще свое природное (естественное) плодородие, которое определяется потенциальными запасами элементов питания, содержанием и составом гумуса, водно-физическими свойствами, реакцией почвенной среды, обеспеченностью элементами питания и другими показателями. При использовании почв в сельскохозяйственном производстве естественное плодородие переходит в эффективное, или

экономическое, которое во многом зависит от уровня интенсификации земледелия.

Цель работы — оценить степень выпашивания почв паровых полей по содержанию органического вещества, подвижных гумусовых веществ в почве и численности групп почвенных микроорганизмов.

Объекты и методы исследования

Объектами изучения стали агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные паровых полей нескольких хозяйств, расположенных в земледельческой части Красноярского края: ОПХ «Минино» Емельяновского района; СХПК «Причулымский» Ачинского района; ЗАО «Провинция+» Боготольского района. Отбор почвенных образцов проводился осенью 2011 года, при помощи агрохимического бура на глубину 0-20 см. Каждый участок был представлен 19–20 объединенными образцами, состоящими из 20 единичных проб.

Содержание общего гумуса почвы определяли по методу И. В. Тюрина. Для извлечения подвижной части гумусовых веществ ($C_{0,1n}$, NaOH) использовали 0,1n. гидроксид натрия при соотношении почвы и растворителя 1:20, а для легкоразлагаемого органического вещества ($C_{лов}$) — тяжелую жидкость ($P=1,9-2,0$ г/см³). Содержание органического вещества ($C_{овп}$) почвы рассчитывали через содержание общего гумуса и легкоразлагаемого органического вещества. Гуминовые кислоты (ГК), в составе подвижных гумусовых веществ, осаждали серной кислотой, а содержание фульвокислот (ФК) устанавливали по разности между общим содержанием, извлекаемых щелочью гумусовых веществ и содержанием гуминовых кислот. По количеству гумусовых кислот рассчитывали отношение $C_{гк}:C_{фк}$ подвижных гумусовых веществ. Нитратный азот определяли ионоселективным методом на приборе НМ-002.

Для микробиологических анализов с каждого поля по диагонали брали три пробы. Численность бактерий определяли глубинным посевом из разведений почвенной суспензии на следующие питательные среды: для учёта аммонифицирующих бактерий — ПД-агар (пептон — 9,0 г/л, гидролизат казеина — 8,0 г/л, дрожжевой экстракт — 3,0 г/л, NaCl — 5,0 г/л, Na₂HPO₄ — 2,0 г/л, агар — 20 г/л, pH=7,0.7.2); для учёта гетеротрофных бактерий, использующих минеральные формы азота — модифицированную среду Чапека (глюкоза — 20,0 г/л, NH₄NO₃ — 2,0 г/л, KH₂PO₄ — 1,0 г/л,

MgSO₄*7H₂O — 0,5 г/л, KCl — 0,5 г/л, FeSO₄ — следы, агар — 20 г/л, рН=7,0.7,2); для учёта олиготрофных бактерий — олиготрофную среду (по 50 мл ПД-агара и модифицированной среды Чапека на 1л среды, агар — 20 г/л, рН=7,0.7,2). Численность бактерий выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1г сухой почвы.

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами корреляционного и регрессионного анализов с использованием пакета анализа MS Excel.

Результаты исследования

Гумусовые вещества являются источником элементов питания высших растений, источником CO₂, необходимого для процесса фотосинтеза. Гумус ускоряет микробиологическую деградацию пестицидов. Содержание общего гумуса варьировало по объектам следующим образом. В почве ОПХ «Минино» оно составило 4,0%, что соответствует, согласно градации предложенной Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым, среднему уровню (табл. 1). В почве ЗАО «Провинция +» и СХПК «Причудымский» содержание общего гумуса было гораздо выше, при среднем значении, соответственно, 8,3 и 7,7%. Данные показатели соответствуют высокому уровню содержания гумуса. Почвы всех паровых полей по содержанию гумуса имеют значительную пестроту. Показатель изменяется в 1,6–2,3 раза. Таким образом, потенциальное плодородие почв паровых полей разных объектов, существенно различалось.

Таблица 1 — Содержание органического вещества, нитратного азота и подвижного фосфора в почве паровых полей

Объекты	Гумус, %			Слов, %			N-NO ₃ , мг/кг		
	min	max	x	min	max	x	min	max	x
ОПХ «Минино»	2,60	5,98	4,03	0,10	0,40	0,24	5,6	7,9	7,1
ЗАО «Провинция +»	6,31	10,20	8,33	0,45	0,90	0,70	21,6	53,1	33,2
СХПК «Причудымский»	5,79	9,29	7,70	0,25	0,50	0,37	13,6	25,4	19,2

Легкоразлагаемое органическое вещество формируется за счет растительного опада, детрита, останков почвенных животных, органических удобрений. Низкий уровень содержания $C_{\text{лов}}$ может служить критерием выпахивания почв. Дефицит $C_{\text{лов}}$ в почвах определяет ухудшение питательного режима и физического состояния почв. По этой причине, оптимизация количества легкоминерализуемого органического вещества в почве имеет для земледелия практическое значение. Под выпахиванием авторы подразумевают процесс, при котором происходит снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение их агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктурирование, переуплотнение) в результате использования их при низком уровне поступления в почву источников гумуса — органических удобрений и послеуборочных остатков. Выпаханными могут стать как высококультуренные, так и некультуренные почвы, имеющие высокое и низкое содержание гумуса. Выпахивание является начальной стадией деградации почвенного плодородия. Данный процесс обратим, поскольку после оптимизации режима органического вещества выпаханных почв их эффективное плодородие относительно быстро восстанавливается.

Содержание $C_{\text{лов}}$ в пахотном слое почв изменялось по объектам в несколько раз. Содержание легкоминерализуемого органического вещества подвержено сильным изменениям, что обусловлено, по-видимому, как условиями почвообразования, так и различным хозяйственным использованием почв.

Содержание нитратного азота в почве чистого пара также достаточно сильно варьировало по изучаемым объектам. В почве ОПХ «Минино» его количество оказалось самое низкое, при среднем значении, равном 7,1 мг/кг, что соответствует низкому классу обеспеченности. В почве ЗАО «Провинция+» и СХПК «Причулымский» показатели содержания нитратов оказались гораздо выше, соответственно 33,2 и 19,2 мг/кг, что соответствует очень высокому и высокому содержанию нитратного азота в почве.

Информативным показателем для характеристики эффективного плодородия почв является содержание подвижных гумусовых веществ, извлекаемых 0,1н. NaOH вытяжкой. Подвижные гумусовые вещества находятся в почве либо в свободном состоянии, либо в форме непрочных соединений с полуторными окислами. В связи с этим правомерно отнести данную фракцию гумусовых соединений к подвижным гумусовым веществам. Содержание экстрагируемых щелочью веществ в почвах в значительной мере определяет их питательный режим и структурное

состояние. Полагаем, что накопление нитратного азота в парующихся черноземах было связано, главным образом, с количеством и качеством подвижных гумусовых веществ в почвах.

Содержание подвижных гумусовых веществ в почве паровых полей колеблется по объектам очень сильно (табл. 2). В почве ОПХ «Минино» содержание подвижного гумуса самое низкое, всего 81 мг С/100 г. Согласно разработанной для зерновых культур градации, это очень низкий уровень содержания. При этом отношение углерода гуминовых кислот и фульвокислот первой фракции гумусовых веществ было узким (всего 0,66), что указывает на достаточно высокую доступность гумусовых веществ минерализации. Данное количество и качество подвижных гумусовых веществ в почве обеспечили низкое содержание нитратного азота в результате парования. В почве ЗАО «Провинция+» среднее значение показателя равнялось 452 мг С/100 г, что соответствует очень высокому содержанию гумусовых веществ в почве. Отношение Сгк: Сфк являлось узким, что говорит о высокой подвижности извлекаемых щелочью гумусовых веществ. В почве данного хозяйства больше всего накопилось нитратного азота в результате парования. В почве СХПК «Причудымский» среднее значение подвижного гумуса составляло 382 мг С/100 г, что соответствует высокому уровню содержания. Отношение Сгк: Сфк было очень широким, что позволяет говорить о слабой доступности гумусовых веществ минерализации. В почве данного хозяйства накопилось достаточно много нитратов, но все же их количество было значительно меньше, чем в почве пара в ЗАО «Провинция+».

Таблица 2 — Содержание подвижных гумусовых веществ

Объекты исследования	C _{0,1N. NaOH} , мг/100г									
	сумма			ГК			ФК			Сгк:Сфк
	min	max	x	min	max	x	min	max	x	x
ОПХ «Минино»	43	153	81	23	82	40	20	91	61	0,66
ЗАО «Провинция +»	361	553	452	152	206	184	198	380	268	0,69
СХПК «Причудымский»	252	648	382	140	470	259	89	186	123	2,11

Для характеристики степени выпашивания черноземов предложена 15-балльная шкала. Согласно этой шкале к невыпаханным почвам относятся те, в которых содержание Слов составляет 15% и более от содержания общего

$C_{\text{овп}}$. Такие почвы имеют нулевой балл степени выпаживания. При расчете баллов степени выпаживания для почв, в которых относительное содержание $C_{\text{лов}}$ в составе общего $C_{\text{овп}}$ менее 15%, полученное отношение вычитается из 15. Таким образом, чем выше балл, тем больше степень выпаживания почв. В соответствии с данным подходом была рассчитана степень выпаживания почв паровых полей (табл. 3). Так почва ЗАО «Провинция+» имеет слабую степень выпаживания, всего 2,3 бала [$15 - (0,70 \times 100 : 5,51) = 2,3$]. Почвы ОПХ «Минино» и СХПК «Причулымский» оцениваются степенью выпаживания около шести и около семи баллов, соответственно.

Таблица 3 — Степень выпаживания почв паровых полей

Объекты исследования	$C_{\text{овп}}$	$C_{\text{лов}}$	Степень выпаживания почв, балл
	%		
ОПХ «Минино»	2,58	0,24	5,7
ЗАО «Провинция +»	5,51	0,70	2,3
СХПК «Причулымский»	4,84	0,37	7,4

Наиболее ярко связь степени выпаживания почв с численностью почвенных микроорганизмов прослеживалась на примере гетеротрофных бактерий, использующих минеральные формы азота. Численность бактерий данной эколого-трофической группы положительно коррелировала со степенью выпаживания ($r=0,919$). Так, если для объекта в ЗАО «Провинция+» средняя численность бактерий, учитываемых на модифицированной среде Чапека, составила $5,3 \times 10^6$ КОЕ/г почвы, то для почв в ОПХ «Минино» и СХПК «Причулымский» данный показатель равен, соответственно $17,0 \times 10^6$ КОЕ/г и $21,7 \times 10^6$ КОЕ/г. Связь носит линейный характер (рис. 1), и является статистически значимой на уровне $p < 0,001$.

Учитывая, что степень выпаживания тем выше, чем ниже содержание легкоразлагаемого органического вещества, можно предположить, что в почвах с высокой степенью выпаживания органический азот более интенсивно переводится в минеральную форму, что стимулирует развитие бактерий, использующих минеральный азот. Кроме этого, следует отметить отрицательную корреляцию между численностью бактерий, использующих минеральные формы азота, и содержанием нитратного азота ($r=-0,661$, статистическая значимость корреляции на уровне $p=0,05$). Более адекватно связь между данными показателями описывается логарифмической моделью

(рис. 2), при этом коэффициент множественной корреляции достигает значения $R=0,746$ при статистической значимости ($p<0,05$).

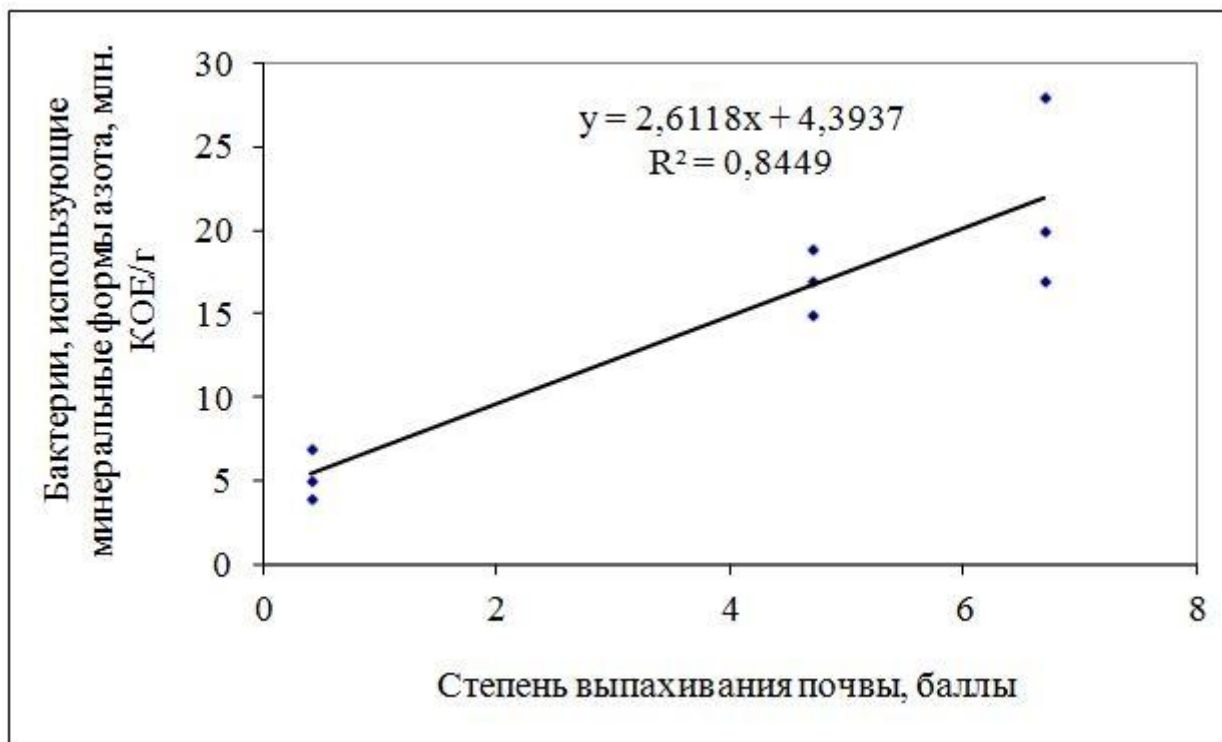


Рисунок 1 — Связь между численностью бактерий, использующих минеральные формы азота, и степенью выпашивания почвы; точки соответствуют отдельным пробам

Наблюдается также статистически значимая ($p=0,01$) отрицательная ($r=-0,787$) корреляция между степенью выпашивания и численностью олиготрофных бактерий. Не обнаружено статистически значимой связи между степенью выпашивания почвы и численностью аммонифицирующих бактерий, учитываемых на ПД-агаре.

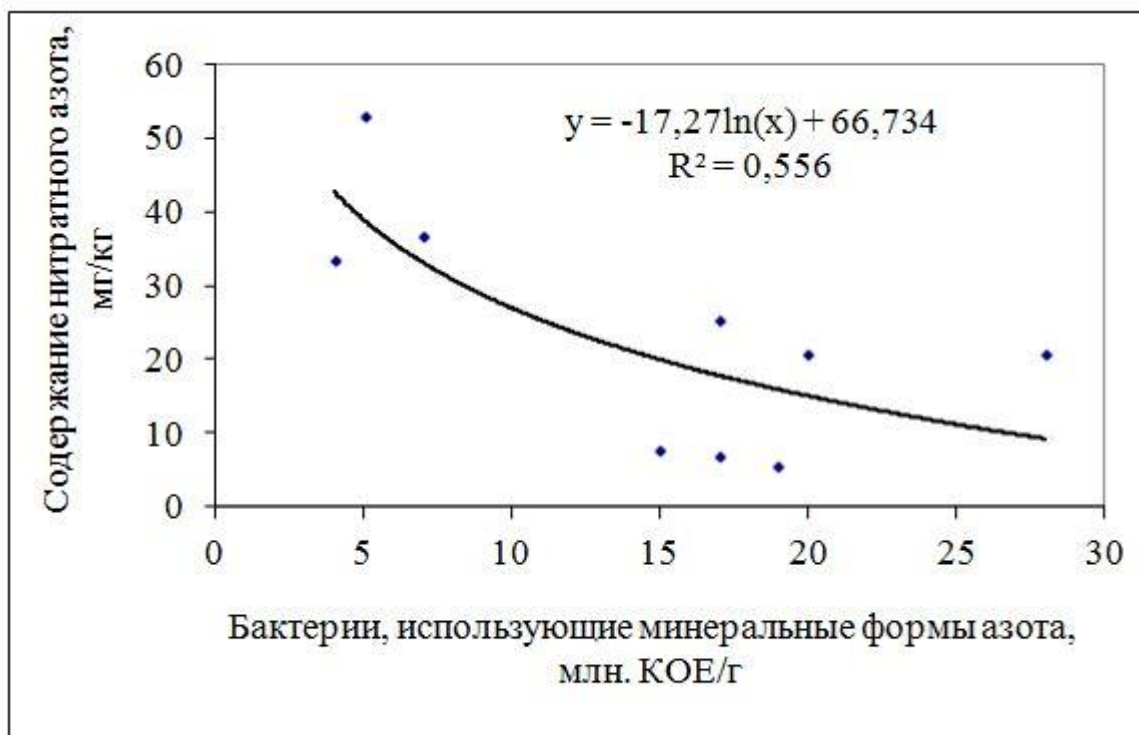


Рисунок 2 — Связь между численностью бактерий, использующих минеральные формы азота, и содержанием в почве нитратного азота

Компьютерный анализ показал, что наблюдаемые зависимости могут быть объяснены на основе простой модели, в которой размножение бактерий, использующих минеральные формы азота, лимитировано скоростью аммонификации согласно уравнению Моно, а скорость аммонификации является постоянной величиной. Тем не менее, для детального анализа микробиологических процессов, происходящих в почвах с разной степенью выпашивания, требуются дополнительные исследования.

Полагаем, что для оценки степени выпашивания почв паровых полей предложенный подход не всегда будет достаточно объективен. Так, почва СХПК «Причулымский» считается выпашанной, но в результате парования в ней накопилось достаточно много нитратного азота, поэтому оценивать данную почву как выпашанную нельзя. Необходимо также учитывать еще одно обстоятельство. Под влиянием парования в почве резко уменьшается количество растительного материала, составляющего большую часть легкоминерализуемого органического вещества. В земледельческой части Красноярского края в почве за период парования запасы растительного материала уменьшаются примерно на 50%. Из этого следует, что на начало

парования содержание $C_{\text{лов}}$ в почвах было в два раза выше, и они не являлись выпаханymi.

По-видимому, более надежным и информативным критерием, который может использоваться для оценки степени выпахивания черноземных почв, является содержание подвижных гумусовых веществ. Абсолютное содержание данной формы гумусовых веществ в почве хорошо соотносится с накоплением нитратов в условиях парования. Важно учитывать не только количество экстрагируемых щелочью гумусовых веществ, но и оценивать их качество. Для этого можно использовать соотношение $C_{\text{гк}}: C_{\text{фк}}$ подвижных гумусовых веществ. Чем уже данное соотношение, тем доступнее извлекаемые щелочью вещества к минерализации, и в их составе больше неспецифических соединений. Известно, что основным источником пополнения минерального азота в почве служат мобильные азотсодержащие органические вещества неспецифической природы и наиболее подвижные фракции гумусовых кислот.

Выводы

Для комплексной оценки почвенного плодородия и установления степени выпахивания почв сельскохозяйственных земель можно использовать показатель содержания в почве подвижных гумусовых веществ. При этом абсолютное значение показателя должно дополняться его качественной характеристикой $C_{\text{гк}}: C_{\text{фк}}$.

Парование черноземов с низким содержанием подвижных гумусовых веществ и легкоразлагаемого органического вещества не обеспечивает накопления сколько-нибудь существенных количеств нитратного азота в почве.

Высокая степень выпахивания наблюдается в почвах, в которых процессы минерализации органического вещества в основном завершены, а образовавшийся минеральный азот в значительной степени иммобилизован в биомассе гетеротрофных бактерий, способных использовать аммоний и нитраты.

Список литературы

Шпедт А. А., Хижняк С. В., Картавых В. В. Связь агрохимических и микробиологических показателей со степенью выпахивания черноземов Красноярского края // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 3;
URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-15>

1. Борисов, Б. А. Легкоразлагаемое органическое вещество целинных и пахотных почв зонального ряда европейской части России: Автореф. дисс. доктора биол. наук. — М., 2008. — 43 с.
2. Гамзиков, Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г. П. Гамзиков. — М.: Наука, 1981. — 267 с.
3. Гамзиков, Г. П. Руководство по почвенной диагностике азотного питания полевых культур в Восточной Сибири / Г. П. Гамзиков. — Красноярск: Изд-во Гротеск, 2001. — 24 с.
4. Гришина, Л.А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина // Проблемы почвоведения. — М., 1978. — С. 26.
5. Когут, Б. М. Изменение содержания, состава и природы гумусовых веществ при сельскохозяйственном использовании типичного мощного чернозема: Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. — М., 1982. — 24 с.
6. Поллард, Д. Справочник по вычислительным методам статистики / Д. Поллард. — М.: Финансы и статистика. — 1982. — 344 с.
7. Пономарева, В. В. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. — Л., 1975. — 106 с.
8. Чесняк, Г. Я. Влияние сельскохозяйственных культур, севооборотов и удобрений на содержание гумуса в черноземе типичном мощном / Г. Я. Чесняк // Земледелие. — 1980. — № 5. — С. 60–65.
9. Шпедт, А. А. Влияние зеленых удобрений на баланс растительного вещества и лабильные формы гумусовых веществ в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи: Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. — Красноярск, 1995. — 20 с.
10. Шпедт, А. А. Градации содержания гумусовых веществ в черноземах Красноярского края применительно к зерновым культурам / А. А. Шпедт // Материалы V Всероссийского съезда почвоведов им. В. В. Докучаева. Изд-во Ростов-на-Дону: Изд-во ЗАО Ростиздат, 2008. — 212 с.