УДК 631.4/.8/.51:633.37

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И НОРМ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ И МИКРОФЛОРУ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ ПРИМОРЬЯ

Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Полохин О.В.

*ФГБНУ «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии»
ДВО РАН, Владивосток, e-mail: purtova@ibss.dvo.ru*

Рассмотрено изменение почвенного плодородия в посевах козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) под влиянием различных приемов обработки почвы (боронование, дискование) с внесением различных доз минеральных удобрений. При бороновании почв внесение удобрений активизировало процессы гумусообразования. Увеличились содержание и запасы гумуса. При дисковании почв содержание и запасы гумуса на контроле и на вариантах с внесением минеральных удобрений снизились до низких значений. Установлено, что наиболее эффективным способом агротехнической обработки агрономогумусовых глеевых почв с посевом козлятника является боронование с внесением минеральных удобрений. На этих вариантах установлен фульватно-гуматный и гуматный тип гумусообразования, средняя степень гумификации органического вещества, более высокие показатели содержания и запасов гумуса, среднее содержание доли «свободных» и связанных с Ca^{2+} гуминовых кислот. Боронование как агротехнический прием благоприятно для развития микробиологических процессов минерализации органического вещества. Внесение минеральных удобрений на фоне боронования предохраняет гумус от минерализации микрофлорой, о чем свидетельствует снижение коэффициента минерализации.

Ключевые слова: почва, гумус, плодородие, удобрения, многолетние травы

INFLUENCE OF VARIOUS METHODS OF SOIL TREATMENT AND NORM OF FERTILIZATION ON HUMUS STATE AND MICROFLORA OF AGRICULTURAL SOILS OF THE PRIMORSKY TERRITORY

Purtova L.N., Shchapova L.N., Polokhin O.V.

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Vladivostok, e-mail: purtova@ibss.dvo.ru

The change of soil fertility in crops *Galega orientalis* Lam. under the influence of different techniques of tillage (harrowing, disking) with the addition of various doses of mineral fertilizers was considered. In the harrowing of soil fertilization intensified the processes of humification. The contents and stocks of humus increased. When disking the soil the contents and stocks of humus in the control and in variants with application of mineral fertilizers decreased to low values. The reserves of humus in the application of mineral fertilizers was low. It was found that the most effective way agrotechnical treatment artemgukasov gley soil with the sowing of the vetch is harrowing, with the application of mineral fertilizers. These variants have fulvate-gumaty and humany type humus average degree of humification of organic matter, higher maintenance and inventory quasarsphere microbiological processes of mineralization of organic matter. The application of mineral fertilizers on the background of the harrowing protects the humus from digestion by the microflora, as evidenced by a drop in the total mineralization.

Keywords: soil, humus, fertility, fertilizers, perennial grasses

Одним из важных агротехнических приемов, влияющих на гумусообразование и функционирование микрофлоры, является обработка почв. В зависимости от способов обработки создается определенное соотношение водного и воздушного режимов, уровень биологической активности, доступности элементов питания. При интенсивных обработках почва хорошо аэрируется, а в видовом составе её микробных ассоциаций наблюдается существенная перестройка с преимущественным развитием аэробных бактерий, грибов и актинобактерий, что отражается на процессах превращения в почве органического вещества. Отмечено положительное влияние безотвального рыхления в посевах ячменя и люпина на дерново-подзолистых почвах Ленинградской области на протекание

процессов гумусообразования, которая выражалась в возрастании коэффициента гумификации по сравнению с обычной вспашкой. При минимальной обработке почвы наибольший коэффициент гумификации растительных остатков отмечался в слое почв 10–20 см, тогда как при безотвальном рыхлении – до 30 см [1].

Имеются данные по увеличению урожайности озимой ржи и ячменя на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья при безотвальной системе обработки почв [2]. Установлена наибольшая энергетическая эффективность применения минимальных систем обработки почв в посевах яровой пшеницы на малогумусной дерново-подзолистой почве [3]. В настоящее время из-за недостаточного ресурсного обеспечения сельскохозяйственного производства

резко сокращены объемы работ по улучшению сенокосов и пастбищ [4]. В таких условиях приоритетными являются мало-затратные способы травосеяния. Травостой с участием корневищных трав рекомендуется улучшать способом омоложения, путем поверхностной обработки дернины дискованием или фрезерованием [5]. В последние годы расширяются посевы козлятника восточного, имеющего корневищный характер побегообразования и способного давать устойчивые урожаи без перезалужения в течение длительного времени. Проведены исследования по улучшению его травостоев с использованием мелких обработок почвы [6].

Однако не рассматривалось влияние применения минеральных удобрений и различных приемов агротехнической обработки (дискование, боронование) в посевах козлятника на показатели плодородия агро-темногумусовых глеевых почв, что в значительной мере и обусловило актуальность проведения данных исследований.

Цель работы – оценка влияния различных способов агротехнической обработки (дискование, боронование) в посевах козлятника восточного на гумусное состояние и микрофлору почв агротемногумусовых глеевых почв Приморья.

В задачи исследований входило: оценить изменения в параметрах гумусного состояния при бороновании и дисковании почв в посевах козлятника восточного с применением различных доз минеральных удобрений; исследовать изменения в количественном и качественном составе микрофлоры.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований послужили почвы опытных полей ПримНИИСХ (пос. Тимирязевский Уссурийского района Приморского края): агротемногумусовые глеевые. Закладка полевых опытов была произведена в 2016 г в мае на многолетних травостоях козлятника восточного. Повторность опыта четырехкратная. Площадь каждой делянки 100 м². Способ посева – сплошной беспокровный. Нормы высева 20 кг/га всхожих семян. Глубина заделки семян 1–2 см [6]. Отбор почвенных образцов проводили в верхнем пахотном горизонте почв (0–20 см).

Содержание гумуса определено по методу Тюрина, фракционно-групповой состав – по методу Кононовой – Бельчиковой [7]. Оценка гумусного состояния почв проведена в соответствии с рекомендациями Д.С. Орлова [8]. В работе рассмотрен не весь спектр показателей гумусного состояния, а наибо-

лее информативные, отражающие генетические различия гумуса и формы связи с минеральной частью почв. Микрофлору почв определяли общепринятыми в почвенной микробиологии методами [9].

Результаты исследования и их обсуждение

В посевах козлятника на вариантах с дискованием и боронованием агро-темногумусовых глеевых почв, по сравнению с контролем без обработок, изменился тип гумусообразования с фульватного на фульватно-гуматный. Прослеживались значительные изменения в типе гумуса с применением удобрений в дозе N45P60K60 без обработок почвы. Изменения в типе гумуса отмечены при дисковании почв с такой же дозой внесения удобрений, а также при проведении боронования почв с внесением удобрений в дозе N90P120K120. Тип гумуса на этих вариантах опыта по сравнению с контролем изменялся: на варианте без обработок почв с фульватного на гуматный, с дискованием и боронованием почв с фульватно-гуматного на гуматный. Это явилось положительным моментом в протекании процесса гумусообразования и улучшении качества гумуса. Резкое возрастание содержания гуминовых кислот в составе гумуса также зафиксировано на варианте опыта с дискованием почв при внесении минеральных удобрений в дозе N90P120K120. Однако запасы гумуса по сравнению с контролем снижались от средних до низких значений (табл. 1). Это явилось явно негативным моментом в изменении потенциального плодородия почв.

По сравнению с контролем на всех вариантах опыта, за исключением вариантов с боронованием почв, при внесении минеральных удобрений прослеживалась закономерность к снижению содержания и запасов гумуса. На наш взгляд, это обусловлено активизацией процессов трансформации органического вещества почв микрофлорой.

На вариантах с посевом козлятника с внесением минеральных удобрений, без обработки почв, содержание гумуса изменялось со средних значений (контроль) до ниже средних показателей. При этом запасы гумуса варьировали от средних (контроль) до низких. Видимо, внесение минеральных удобрений способствует развитию процессов минерализации органического вещества, приводящих к снижению гумуса. При дисковании почв содержание гумуса на контроле и на вариантах с внесением минеральных удобрений

в дозе N90P120K120 достигало показаний ниже средних, а на варианте с внесением удобрений N45P60K60, по сравнению с контролем, снизилось до низких значений. Запасы гумуса при применении минеральных удобрений были низкими. В горизонте на контроле резко увеличилась доля «свободных» гуминовых кислот (до очень высоких значений) и резко (до крайне низких) снизилось количество ГК связанных с Ca^{2+} . Применение минеральных удобрений сократило содержание «свободных» ГК до средних показателей, тогда как содержание ГК, связанных с Ca^{2+} , возросло с низких до средних значений.

В посевах козлятника на вариантах без обработок почв и с внесением минеральных удобрений отмечено значительное изменение в составе гуминовых кислот (ГК). Низкое содержание доли «свободных» гуминовых и высокое связанных с Ca^{2+} свойственно контролю и варианту в посевах козлятника с применением удобрений N90P120K120. Тогда как на варианте с внесением минеральных удобрений в дозе N45P60K60 подвижность ГК возрастала, о чем свидетельствовало увеличение до высоких значений доли «свободных» ГК. Количество ГК, связанных с Ca^{2+} , соответствовало низким показателям.

На вариантах опыта с боронованием почв, внесение минеральных удобрений

активизировало процессы гумусообразования. По сравнению с контролем увеличились содержание и запасы гумуса. Количество гумуса достигало ниже средних значений, а запасы гумуса – средних. Прослеживались изменения и в составе гуминовых кислот (ГК). Доля «свободных» гуминовых кислот на вариантах с боронованием изменялась с высоких (контроль, вариант с применением N90P120K120) до средних значений (вариант с внесением N45P60K60). При этом количество гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} достигало низких значений (контроль, вариант с применением N90P120K120) и средних (вариант с внесением N45P60K60). Степень гумификации органического вещества была средней, за исключением контроля без обработок почв и при внесении минеральных удобрений в дозе N90P120K120. Вероятно, это связано с большим поступлением в почву растительных органических остатков и их трансформацией микрофлорой почв. Содержание первой агрессивной фракции фульвокислот в агрономогумусовых глеевых почвах с посевами козлятника было низким во всех исследуемых вариантах опыта. Различные виды обработки почвы и внесение удобрений оказывают существенное влияние на качественный и количественный состав микрофлоры.

Таблица 1

Показатели гумусного состояния агрономогумусовых глеевых почв с посевами козлятника

Вариант опыта	Гумус, %	Запасы гумуса, т/га	Доля		I ^a ФК	C _{гк} /C _{фк}	Степень гумификации органического вещества, %
			«свободных» гуминовых кислот	связанных с Са ²⁺ гуминовых кислот			
			от суммы гуминовых кислот				
Контроль	6,03	150,7	39,9	60,1	2,17	0,66	16,0
N45P60K60 без обработок	5,40	145,0	61,2	38,8	2,30	1,55	22,7
N90P120K120 без обработок	5,15	87,5	23,7	76,3	2,14	1,43	18,8
Контроль (дискование)	4,40	110,8	94,8	5,2	2,67	1,25	20,5
N45P60K60 (дискование)	3,91	97,8	45,3	54,7	2,82	1,62	24,7
N90P120K120 (дискование)	4,44	95,0	50,1	49,9	2,49	2,75	23,30
Контроль (боронование)	4,45	103,2	65,9	34,1	2,48	1,42	20,3
N45P60K60 (боронование)	5,6	113,1	53,2	46,8	2,22	1,50	20,8
N90P120K120 (боронование)	5,05	117,2	61,9	38,1	2,18	1,62	20,7

Таблица 2

Численность и групповой состав микроорганизмов в фитомелиоративном опыте
(тыс. КОЕ на 1 г почвы)

Вариант	Аммонификаторы, (МПА)	Грибы (Чапека)	Бактерии, использующ. минерал. азот (КАА)	Актиномицеты (КАА)	Олигонитрофилы (Эшби)	КМ*	Грибы/Актиномицеты 10 ⁻²
Контроль	7990	52,4	13490	530,0	25480	1,7	9,89
N45P60K60 контроль	16750	46,4	20100	260,0	25160	1,2	17,8
N90P120K120 Контроль	20650	23,0	23630	405,0	19980	1,1	5,67
Дискование	23100	52,8	31700	250,0	37090	1,4	21,12
N45P60K60 дискование	23790	53,0	35300	260,0	22680	1,5	20,38
N90P120K120 дискование	20550	54,0	34800	675,0	15480	1,7	8,00
Контроль боронование	11230	49,9	17790	130,0	23940	1,6	38,38
N45P60K60 боронование	16900	38,2	21410	400,0	21980	1,3	9,55
N90P120K120 боронование	24320	24,6	31780	410,0	19590	1,3	6,00

Примечание. *КМ – коэффициент минерализации, соотношение численности бактерий КАА/МПА.

Исследования показали, что численность микроорганизмов существенно меняется в почве под козлятником при разных способах обработки и с внесением минеральных удобрений (табл. 2).

Так, численность аммонифицирующих микроорганизмов на варианте без обработки возросла в 2 раза при внесении минеральных удобрений в дозе N45P60K60 и почти в 3 раза – при дозе N90P120K120. Эта же закономерность наблюдается при развитии микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (среда КАА). Однако количество данных микроорганизмов существенно больше, чем аммонификаторов, что сказывается на развитии процессов минерализации органического вещества, которые интенсивно идут под козлятником на контроле (табл. 2). Большая численность грибов и актиномицетов на контроле также способствует минерализации органического вещества.

В вариантах с дискованием заметно возрастает численность аммонифицирующих микроорганизмов и очень существенно увеличивается содержание микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (среда КАА). В варианте с дискованием без удобрений фиксируется достаточно низкий коэффициент минерализации, который свидетельствует о менее быстром разложении органического вещества.

Внесение минеральных удобрений в дозе N45P60K60 в варианте с козлятником стимулирует развитие большинства групп микроорганизмов по сравнению с контролем. Заметно увеличивается количество микроорганизмов на среде КАА, но большая численность микроорганизмов на среде МПА способствует сдерживанию процессов минерализации органического вещества в данном опыте. Однако в опыте с дискованием коэффициент минерализации достаточно высок. Внесение минеральных удобрений отрицательно сказывается на численности олигонитрофильных микроорганизмов, хотя их содержание несколько увеличивается при дисковании.

Внесение минеральных удобрений в дозе N90P120K120 стимулирует развитие микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (среда КАА), особенно при дисковании и коэффициент минерализации в этом варианте самый высокий (1,7) (табл. 2). Достаточно сильно угнетает развитие олигонитрофилов внесение азота в дозе N90P120K120, в варианте с дискованием. Возможно, отрицательное влияние на жизнедеятельность олигонитрофилов оказывает азот, который внесен в составе смеси минеральных удобрений.

При дисковании увеличивается количество других групп микроорганизмов (грибы, актиномицеты, олигонитрофилы), что может способствовать усилению процессов мине-

рализации свежего органического вещества. В содержании гумуса наблюдается обратная зависимость. Чем больше микроорганизмов, тем меньше содержание гумуса. Наибольшее содержание гумуса отмечено на контроле, наименьшее – в вариантах с дискованием. В опыте с дискованием коэффициент минерализации достаточно высок. Внесение минеральных удобрений отрицательно сказывается на численности олигонитрофильных микроорганизмов, хотя их содержание при дисковании увеличивается.

В вариантах с боронованием численность микроорганизмов снижается по сравнению с дискованием. Наименьшее содержание аммонифицирующих микроорганизмов отмечено на варианте без удобрений. Внесение минеральных удобрений в дозе N45P60K60 стимулирует их развитие, а доза N90P120K120 увеличивает содержание аммонификаторов более чем в 2 раза. Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, также претерпевают изменения, достигая максимума в варианте с максимальной дозой минеральных удобрений. Содержание грибов уменьшается при внесении максимальной дозы удобрений. Внесение удобрений увеличивает численность актиномицетов. Боронование с внесением минеральных удобрений ингибирует развитие олигонитрофильных микроорганизмов. Коэффициент минерализации достаточно высок только на контроле. На повышение окультуренности агротемногумусовых глеевых почв с посевом козлятника при бороновании с внесением минеральных удобрений указывал и показатель соотношения грибов и актиномицетов [10], значения которого по сравнению с контролем были более низкие с внесением удобрений (N45P60K60), что свидетельствовало о позитивном влиянии боронования с применением минеральных удобрений на плодородие почв.

В вариантах с удобрениями коэффициент минерализации снижается, что указывало на ослабление интенсивности процессов минерализации органического вещества и, как следствие, способствовало сохранению гумуса. Внесение удобрений в дозе N90P120K120 сохраняет гумус от минерализации, и содержание его почти одинаково во всех вариантах.

Выводы

1. Исходя из изменений показателей гумусного состояния почв, наиболее эффективным способом агротехнической обработки агротемногумусовых глеевых почв с посевом козлятника является боронование с внесением минеральных удобрений. На этих вариантах, по сравнению с дискованием, установлены более высокие показате-

тели содержания и запасов гумуса, среднее и высокое содержание доли «свободных» и среднее и низкое связанных с Ca^{2+} гуминовых кислот, фульватно-гуматный и гуматный тип гумусообразования, средняя степень гумификации органического вещества.

2. Боронование как агротехнический прием является благоприятствующим для развития микробиологических процессов минерализации органического вещества. Внесение минеральных удобрений на фоне боронования предохраняет гумус от минерализации микрофлорой. Это способствует сохранению гумуса в агротемногумусовых глеевых почвах с посевом козлятника. Снижение показателя соотношения грибы/актиномицеты, по сравнению с контролем, указывало на повышение степени окультуренности почв в посевах козлятника с внесением минеральных удобрений. В опыте с дискованием коэффициент минерализации достаточно высок. Внесение минеральных удобрений отрицательно сказывается на численности олигонитрофильных микроорганизмов, хотя их содержание при дисковании увеличивается.

Список литературы

1. Горгулько Т. В. Микробиологическое состояние почвы при разных системах обработки // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия». – Солёное Займище: Издательство: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия. 2016. – С. 1805–1808.
2. Холзанов В.М., Эсенкулова О.В. Реализация принципов адаптивного земледелия в современном сельскохозяйственном производстве // Реализация принципов земледелия в условиях современного сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конф., посвященной 85-летию со дня рождения д.с.х.н. проф. каф. земледелия и землеустройства В.М. Халзанова. (Ижевск, 23–24 марта 2017 г.). – Ижевск: Изд-во Ижевская ГСХА, 2017. – С. 16–26.
3. Пегова Н.А., Холзанов В.М. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 1(44). – С. 35–40.
4. Пуртова Л.Н., Тимофеева Я.О., Полохин О.В., Емельянов А.Н. Экологическое состояние агрогенных почв при использовании фитомелиорации / Вестник ДВО РАН. – 2015. – № 5(183). – С. 22–28.
5. Ларин И.В. Пастбищеоборот. Система использования пастбищ и ухода за ними / И.В. Ларин. – М.; Л.: Сельхозгиздат, 1960. – 210 с.
6. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Емельянов А.Н., Босенко В.М. Влияние различных приемов агротехнической обработки на плодородие агротемногумусовых глеевых почв в условиях фитомелиоративного опыта // Вестник ДВО РАН. – 2017. – № 3. – С. 62–67.
7. Орлов Д.С. Практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 287 с.
8. Орлов Д.С. Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.
9. Корягин Ю.В. Почвенная микробиология. Лабораторный практикум / Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 205 с.
10. Кукишева А.А. Влияние экологических факторов на микрофлору и ферментативную активность дерново-подзолистой почвы Томской области и чернозема выщелоченного Алтайского Приобья: автореф. дис... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2011. – 20 с.