

Д.В. Сыщиков, И.В. Агурова

СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ШАХТЕРСКОГО РАЙОНА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий ботанический сад»

Изучено содержание аммонийной и нитратной форм азота в деградированных почвах сельскохозяйственных угодий Шахтерского района Донецкой Народной Республики, что позволило установить определенные закономерности в их распределении. Установлено, что по сравнению с контролем (черноземом обыкновенным) отмечена разнонаправленная тенденция в накоплении минеральных форм азота в почве изученных участков, зависящая от степени выраженности деградационных процессов, интенсивности использования земель и вида возделываемой культуры. Показано, что характер обеспеченности деградированных почв сельхозугодий минеральными соединениями азота различается в зависимости от его формы. Для почвы исследованных участков уровень обеспеченности обменным аммонием находится в пределах от «очень низкого» до «повышенного», нитратным азотом – определяется как «очень низкий».

Ключевые слова: аммонийный азот, нитратный азот, деградированные почвы, чернозем обыкновенный, Шахтерский район, Донецкая Народная Республика

Цитирование: Сыщиков Д.В., Агурова И.В. Содержание минерального азота в деградированных почвах сельскохозяйственных угодий Шахтерского района Донецкой Народной Республики // Промышленная ботаника. 2023. Вып. 23, № 2. С. 61–66. DOI: 10.5281/zenodo.10048679

Введение

В настоящее время 30–50 % земной поверхности изменено в результате различных видов хозяйственного использования, оказывающего значительное, часто негативное, влияние на свойства почв. Антропогенное влияние на естественные экосистемы достаточно многообразно, однако самым широко распространенным его видом по масштабности и глубине воздействия является преобразование природных экосистем в агроценозы и связанная с этим эрозия почв [11, 12].

Повсеместное использование почвы для производства продуктов земледелия ведет к изменению ее природных свойств и естественного состояния, что сопровождается и снижением почвенного плодородия, обусловленного изменением всех эдафических характеристик: биологиче-

ских, химических, физических, водных, воздушных и др. В тех или иных ситуациях изменения свойств почв проявляются в различных формах с неодинаковой степенью выраженности. Все они получили название «деградация почв» [3].

Деградированные почвы являются проблемными природными объектами, так как перестают выполнять экологические защитные функции и могут инициировать процессы общей деградации земной поверхности. Деградация почв приносит также огромный экономический ущерб, нарушая сложившееся экологическое равновесие и ухудшая условия жизни людей [1].

Деградация земель представляет одну из важнейших социально-экономических проблем, что, безусловно, угрожает экологической и эко-

номической безопасности Донецкой Народной Республики (далее – ДНР). Водная и ветровая эрозия, подтопление, локальное переувлажнение, засоление, осолонцевание, переуплотнение, дегумификация, захламление отходами производства и потребления, загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами наносят огромный ущерб продуктивному потенциалу земельного фонда республики.

Поскольку почвы являются важнейшим ресурсом человечества, необходимо проводить агроэкологический мониторинг пахотных земель для получения достоверной информации о состоянии их эффективного плодородия и агроэкологической устойчивости с последующим использованием результатов в планировании и проведении агрохимических и мелиоративных мероприятий. Одними из составляющих почвенного мониторинга земель является изучение содержания элементов минерального питания, в том числе различных форм азота.

Цель и задачи исследований

Целью настоящих исследований было изучение влияния деградационных процессов на содержание минерального азота в деградированных почвах сельскохозяйственных угодий северной части Шахтерского района ДНР. В задачи исследований входило изучение содержания аммонийной и нитратной форм азота в деградированных почвах.

Объекты и методики исследований

Исследования проводили на участках северной части Шахтерского района ДНР. Объектами исследований являлись деградированные почвы сельскохозяйственных угодий.

Отбор проб почвы проводили в сентябре 2022 г. Для изучения почвенного покрова деградированных агроэкосистем были выбраны следующие участки.

Участок № 1. Участок со степной растительностью (с. Малоорловка, Шахтерский район, N 48°11'23.3", E 38°17'08.9"). Общее проективное покрытие (ОПП) 95–100 %.

Разрез № 1. Чернозем обыкновенный среднемошнный среднегумусный.

A – 0–27 см. Свежая, темно-бурая, однородная, легкосуглинистая, среднезернистая, умеренно плотная. Новообразований и включений

не отмечено. Густые корни. Переход в горизонт В ясный, волнистый по цвету.

B – Сухая, светло-каштановая, однородная, легкосуглинистая, среднезернистая, умеренно плотная, каменистость – 15 %. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Прослежен до глубины 43 см.

Данный участок рассматривается нами как условный контроль.

Участок № 2. Склоновый участок поля под яровой пшеницей (с. Славное, Шахтерский район, N 48°12'45.0", E 38°19'57.1").

Разрез № 2. Чернозем щебневатый средне-смытый на элювии твердых некарбонатных пород.

A – 0–12 см. Сухая, структурная, темно-бурая, однородная, среднесуглинистая, пылеватозернистая, уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт В резкий, волнистый по цвету.

B – Сухая, структурная, палево-бурая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Каменистость – 12 %. Единичные корни. Прослежен до глубины 37 см.

Участок № 3. Поле под яровой пшеницей первый год после пара (с. Славное, Шахтерский район, N 48°12'47.2", E 38°19'48.8").

Разрез № 3. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

A – 0–23 см. Свежая, структурная, темно-бурая, однородная, среднесуглинистая, пылеватозернистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт В ясный, волнистый по цвету.

B – Свежая, структурная, палево-бурая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Единичные корни. Прослежен до глубины 43 см.

Участок № 4. Выведенные из сельскохозяйственного использования земли для выпаса скота (с. Славное, Шахтерский район, N 48°13'06.6" E 38°20'02.0"). ОПП 85–90 %.

Разрез № 4. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

A – 0–12 см. Сухая, структурная, светло-бурая, однородная, среднесуглинистая, глыбисто-комковатая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Густые корни. Переход в горизонт В постепенный, языковатый по цвету.

В – Сухая, структурная, светло-серая, однородная, среднесуглинистая, комковато-зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Редкие корни. Прослежен до глубины 32 см.

Участок № 5. Поле под паром (с. Славное, Шахтерский район, N 48° 13' 19.1", E 38° 20' 09.7").

Разрез № 5. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0–17 см. Свежая, структурная, бурочерная, однородная, среднесуглинистая, зернисто-порошистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт В постепенный, волнистый по цвету.

В – Свежая, структурная, серо-черная, однородная, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Отмечаются выцветы солей (белесые). Прослежен до глубины 36 см.

Участок № 6. Поле под яровым ячменем (с. Малоорловка, Шахтерский район, N 48° 10' 46.5", E 38° 17' 39.1").

Разрез № 6. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0–12 см. Сухая, структурная, темно-бурая, однородная, среднесуглинистая, зернистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт В резкий, волнистый по структуре.

В – Сухая, структурная, черная, однородная, среднесуглинистая, плитчатая, плотная. Прослежен до глубины 27 см.

Участок № 7. Поле под яровой пшеницей (с. Малоорловка, Шахтерский район, N 48° 10' 15.2", E 38° 17' 36.3").

Разрез № 7. Чернозем щебневатый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0–35 см. Свежая, структурная, серовато-черная, однородная, среднесуглинистая, зернистая, слабо уплотненная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт В постепенный, размытый по цвету.

В – Свежая, структурная, светло-бурая, однородная, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Прослежен до глубины 48 см.

Участок № 8. Склоновый участок поля под яровым ячменем (с. Малоорловка, Шахтерский район, N 48° 10' 04.1", E 38° 17' 37.8").

Разрез № 8. Чернозем щебневатый средне-смытый на элювии твердых некарбонатных пород.

А – 0–17 см. Сухая, структурная, палево-бурая, однородная, среднесуглинистая, пылеватозернистая, плотная. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт В постепенный, размытый по цвету.

В – Сухая, структурная, светло-бурая, однородная, среднесуглинистая, зернистая, плотная. Прослежен до глубины 29 см.

Описание почвенных разрезов проводили согласно общепринятым методикам [4, 9]. Почвенные образцы отбирали по почвенным горизонтам [5].

Концентрацию аммонийного азота (обменного аммония) определяли колориметрически с реактивом Несслера [6]. Содержание нитратного азота по методу Грандваль-Ляжу [6]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым методам параметрической статистики на 5 % уровне значимости по Б.А. Доспехову и Ю.Г. Приседскому [2, 7].

Результаты исследований и их обсуждение

Азот в почве образуется при разложении азотистых веществ и доступен растениям преимущественно в нитратной и аммонийной формах, которые являются основными для питания растений. Аммиачный азот, являясь продуктом жизнедеятельности аммонифицирующих бактерий, быстро поглощается почвой и удерживается на поверхности почвенных частиц силами физико-химической адсорбции. Нитратный азот помимо поступления в составе удобрений образуется в результате нитрификации аммонийного азота и находится в почвенном растворе. Он легко передвигается с током влаги к корням и поступает в растение [8].

При изучении содержания аммонийного азота нами отмечена разнонаправленная тенденция его распределения в почве всех участков (табл. 1).

Так, для поля под паром (участок № 5) не отмечено статистически достоверных различий в содержании обменного аммония по сравнению с зональной почвой. Использование стандартной региональной агротехники выращивания сельскохозяйственных культур с применением необходимых доз минеральных удобрений привело к тому, что в пахотном горизонте поля под яровым ячменем (участок № 6) зафиксирована наивысшая концентрация данной формы азота, превышающая показатели контрольной почвы

Таблица 1. Содержание аммонийного азота в почвах сельскохозяйственных угодий (мг N-NH₄⁺/100 г почвы)

Участок/ горизонт	M ± m	% к контролю	Tst
№ 1 А	4,41 ± 0,14	–	–
№ 1 В	4,9 ± 0,11	–	–
№ 2 А	2,44 ± 0,15*	55,3	9,6
№ 2 В	3,38 ± 0,27*	69,0	5,21
№ 3 А	5,73 ± 0,25*	129,9	4,61
№ 3 В	6,48 ± 0,12*	132,2	9,71
№ 4 А	3,78 ± 0,24*	85,7	2,27
№ 4 В	4,14 ± 0,21*	84,5	3,21
№ 5 А	4,52 ± 0,06	102,5	0,72
№ 5 В	4,85 ± 0,09	99,0	0,35
№ 6 А	6,52 ± 0,15*	147,8	10,3
№ 6 В	7,4 ± 0,12*	151,0	15,4
№ 7 А	5,29 ± 0,18*	120,0	3,86
№ 7 В	6,01 ± 0,11*	122,7	7,14
№ 8 А	2,91 ± 0,16*	66,0	7,06
№ 8 В	4,17 ± 0,27*	85,1	2,5

Примечание. В 1 и 2 таблице М – среднее значение признака, m – ошибка среднего, % – процент превышения значений по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1, * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$

на 48 %, соответствующая «повышенному» уровню обеспеченности. Несколько меньшими значениями, обусловленными спецификой возделываемой культуры, характеризовались аналогичные горизонты участков № 3 и № 7 и возрастание содержания подвижного аммония по сравнению с зональной почвой составило 20–30 % (табл. 1).

Наряду с этим, в пахотном горизонте склоновых участков полей концентрация обменного аммония наименьшая и составляла 55–66 % от показателей зональной почвы, а уровень обеспеченности минеральным азотом данной формы определен как «очень низкий». В указанных вариантах исследований негативное расположение полей по элементам рельефа (склоновый участок) обуславливает снижение содержания азота аммонийных соединений не только вследствие внутрипочвенного, но и поверхностного стока, вызванного перераспределением осадков, что приводит к сочетанному влиянию нескольких форм деградации – физической и химической. Также следует отметить, что возделывание культур с различным уровнем выноса азота привело к соответственным различиям его накопления в почве

данных участков. Так, если при выращивании яровой пшеницы концентрация аммонийного азота в горизонте А составляла 2,4 мг N-NH₄⁺/100 г почвы, то на поле с яровым ячменем значения данного показателя несколько повышались, достигая 2,9 мг N-NH₄⁺/100 г почвы (табл. 1).

Несмотря на прекращение внесения элементов минерального питания растений при выведении земель из активного сельскохозяйственного использования (участок № 4), отсутствие механического воздействия на почву и формирование поликомпонентного растительного покрова обуславливают благоприятные температурный и водный режимы для процесса аммонификации, что наряду с постоянным поступлением свежего органического вещества приводит к постепенному восстановлению почвенного плодородия. Вероятнее всего, этим и вызвано менее выраженное снижение (на 14 %) содержания азота аммонийных соединений по отношению к зональной почве в почвах данного участка.

Анализ данных таблицы 1 показал преимущественную приуроченность обменного аммония к нижележащим генетическим горизонтам. Вероятнее всего, полученные данные объясняются как укороченностью почвенного профиля, обусловленной механической деградацией почвы вследствие сельскохозяйственного использования, что позволяет обменному аммонии в форме мобильного карбоната аммония достаточно активно мигрировать по горизонтам, так и преимущественной локализацией корневых систем растений именно в пределах верхнего горизонта, где и происходит активное поглощение его соединений. В нижележащих генетических горизонтах почв модельных участков зафиксирована тенденция распределения азота аммонийных соединений по отношению к контрольным показателям, аналогичная отмеченной для пахотного горизонта.

Наряду с обменным аммонием высокоподвижные нитратные соединения азота являются основными его источниками, обеспечивающими азотное питание растений, а поглощение азота корневыми системами происходит преимущественно в форме окисных (нитратных) соединений [11]. В отличие от аммонийной формы, уровень обеспеченности почв всех модельных участков нитратным азотом определен нами как «очень низкий» (табл. 2).

Уровень накопления нитратного азота по модельным участкам в целом схож с распределением обменного аммония. Так, участки с максимальным развитием деградационных процессов (№ 2 и № 8) характеризовались наименьшей концентрацией азота нитратных соединений, не превышающей 50–60 % по сравнению с контролем (табл. 2). Относительно равное содержание данной формы минерального азота, в среднем составляющее 117 % относительно зональной почвы, установлено для полей под пшеницей в постоянном севообороте и в первый год после пара (участки № 3 и № 7). Полученные данные хорошо согласуются с результатами исследований А.И. Осипова и О.А. Соколова, которыми показано, что на окультуренных почвах азот почвенных запасов имеет преимущественное значение в формировании урожая полевых культур по сравнению с азотом удобрений [8]. Меньший вынос азота с урожаем по сравнению с пшеницей привел к тому, что для модельного участка № 6 (поле под яровым ячменем) зафиксирован максимальный уровень аккумуляции нитратного азота в почвенном профиле, превышающий контрольные значения на 35–40 %. Для поля под паром (участок № 5) не отмечено статистически достоверных различий в содержании азота нитратов по сравнению с зональной почвой. Косвенным показателем снижения нитрификацион-

ной микробиологической активности, способствующей активной минерализации органического вещества почвы, является меньшая по сравнению с обменным аммонием степень выраженности восстановления значений концентрации нитратного азота в почвах участка № 4.

Изучение характера распределения нитратного азота по почвенному профилю показало тенденцию его преимущественного накопления в пределах пахотного горизонта, обусловленную высокой биологической активностью верхнего слоя почвы и лучшими гидротермическими условиями (табл. 2). Исключение составляют только склоновые участки полей под зерновыми культурами (участки № 2 и № 8), в которых не зафиксировано статистически достоверных различий между генетическими горизонтами, что объясняется как укороченностью почвенного профиля данных участков, так и высокой мобильностью нитратного азота.

Выводы

По сравнению с контролем (черноземом обыкновенным) отмечена разнонаправленная тенденция распределения минеральных форм азота в почве модельных участков, зависящая от степени выраженности и формы деградации (склоновая поверхность с развитыми процессами эрозии почв, биологическая и химическая истощенность), интенсивности использования земель и вида возделываемой культуры. Характер обеспеченности почв минеральными соединениями азота на изученных участках отличается в зависимости от его формы. Установлено, что уровень обеспеченности обменным аммонием находится в пределах от «очень низкого» до «повышенного», нитратным азотом – определяется как «очень низкий». Проведенные предварительные исследования являются обязательной составляющей комплексного агроэкологического мониторинга деградированных земель, что позволит наметить определенные тенденции в развитии деградационных процессов почв не только на территории Шахтерского района, но и ДНР в целом.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ «Донецкий ботанический сад» по теме FREG-2023-0002 «Качественные и функциональные характеристики почв сельскохозяйственных угодий в степной зоне и пути восста-

Таблица 2. Содержание нитратного азота в почвах сельскохозяйственных угодий (мг N-NO₃⁻/100 г почвы)

Участок/ горизонт	M ± m	% к контролю	Tst
№ 1 А	0,68 ± 0,04	–	–
№ 1 В	0,52 ± 0,02	–	–
№ 2 А	0,34 ± 0,02*	50,0	7,6
№ 2 В	0,27 ± 0,01*	51,9	11,2
№ 3 А	0,82 ± 0,05*	120,6	2,19
№ 3 В	0,63 ± 0,02*	121,2	3,89
№ 4 А	0,47 ± 0,05*	69,1	3,28
№ 4 В	0,34 ± 0,06*	65,4	2,85
№ 5 А	0,71 ± 0,07	104,4	0,37
№ 5 В	0,54 ± 0,02	103,8	0,71
№ 6 А	0,92 ± 0,09*	135,3	2,44
№ 6 В	0,73 ± 0,04*	140,4	4,7
№ 7 А	0,77 ± 0,01*	113,2	2,18
№ 7 В	0,58 ± 0,01*	111,5	2,68
№ 8 А	0,41 ± 0,04*	60,3	4,77
№ 8 В	0,32 ± 0,06*	61,5	3,16

новления их биологической продуктивности», № 1023020800023-9-1.6.19

1. Добровольский Г.В. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Ивлев А.М., Дербенцева А.М. Деградация почв и их рекультивация. Учебное пособие. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2002. 77 с.
4. Методические рекомендации по морфологическому описанию почв / сост. А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова, Л.И. Герасько. Томск: Изд-во СО РАН, 1999. 39 с.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
6. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
7. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: навчальний посібник. Донецьк: Касіопія, 1999. 210 с.
8. Осипов А.И., Соколов О.А. Роль азота в плодородии почв и питании растений. Санкт-Петербург: Изд-во ООО «Инновационный центр защиты растений», 2001. 356 с.
9. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: МГУ, 1983. 320 с.
10. Цыбулька Н.Н., Семененко Н.Н. Азотный режим дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивность озимой ржи // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. 1998. № 3. С. 46–52.
11. Чуков С.Н. Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2001. 216 с.
12. Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J., Melillo J.M. Human domination of Earth's ecosystems // Science. 1997. Vol. 277, Iss. 5325. P. 494–499.

Поступила в редакцию: 06.02.2023

UDC 632.125+631.417.4(477.62)

CONTENT OF MINERAL NITROGEN IN DEGRADED AGRICULTURAL LAND OF THE SHAKHTERSK DISTRICT OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

D.V. Syshchykov, I.V. Agurova

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»

Study of content of ammonium and nitrate forms of nitrogen in degraded soils of agricultural land in the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic enabled us to reveal certain patterns in their distribution. The study has shown that compared to the control (typical chernozem), there was a multidirectional tendency in the accumulation of nitrogen mineral forms in the soil of the research areas, depending on the degree of land degradation processes, intensity of land use and the type of cultivated crop. It has been shown that the nature of presence of mineral nitrogen compounds in degraded farmland soils varies depending on the element's form. The level of availability of exchanged ammonium ranges from «very low» to «increased», that of nitrate nitrogen is defined as «very low» in the soils of all research areas.

Key words: ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, degraded soils, chernozem usual, Shakhterskiy district, Donetsk People's Republic

Citation: Syshchykov D.V., Agurova I.V. Content of mineral nitrogen in degraded agricultural land of the Shakhtersk district of the Donetsk People's Republic // Industrial Botany. 2023. Vol. 23, N 2. P. 61–66. DOI: 10.5281/zenodo.10048679