

**ЗЕМЛЕДЕЛИЕ,
ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

УДК 631.81.095.337(571.54)

Н. Е. Абашеева^{1,2}, З. А. Солдатова², Н. М. Кожевникова³

¹ФГБОУ ВПО «Бурятская ГСХА им. В.Р.Филиппова», Улан-Удэ

²ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН», Улан-Удэ

³ФГБУН «Байкальский институт природопользования СО РАН», Улан-Удэ

e-mail: zoia.soldatova.74@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ НЕОДИМА НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕРОЙ
ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА ПОЛЕВОГО**

Ключевые слова: неодим, структура микробного ценоза, продуктивность, горох полевой, вегетационный опыт.

Изучено содержание и профильное распределение неодима в серой лесной почве. Сульфат неодима при низкой концентрации внесения в почву (0,25 мг/кг почвы) повышает количество аммонификаторов, протеолитиков, усиливает протеазную активность и нарастание надземной массы гороха в вегетационном опыте.

N. Abasheeva^{1,2}, Z. Soldatova², N. Kozhevnikova³

¹FSBEI HPE «Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov», Ulan-Ude

²FSBIS «Institute of General and Experimental Biology of the SB RAS», Ulan-Ude

³FSBIS «Baikal Institute of Nature Management of the SB RAS», Ulan-Ude

**EFFECT OF NEODYMIUM ON MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF GRAY WOOD
SOIL AND PRODUCTIVITY OF FIELD PEA (PISUM ARVENSE)**

Key words: Nd, structure of microbial coenosis, productivity, pisum arvense, greenhouse study.

The content and profile distribution of neodymium in the gray wood soil have been studied. The greenhouse study has shown that Neodymium sulfate at low concentrations in soils (0.25 mg/kg soil) increases the number of ammonifiers and proteolytic bacteria and intensifies protease activity and growth of pea shoots.

Введение. В настоящее время установлено, что редкоземельные элементы (La, Nd, Sm, Ce и др.) усиливают биоло-

гическую активность в системе почва-растение [2, 3, 9, 10, 14]. В частности показано, что лантан активизирует мик-

робиологическую деятельность в почве: повышается общее микробное число (ОМЧ) и численность разных физиологических групп микроорганизмов. При этом активнее осуществляются процессы аммонификации, нитрификации и нитратонакопления. В азотном фонде почв под влиянием лантана интенсифицируется трансформация резервных азотосодержащих соединений почвы в легкогидролизуемые и минеральные формы. Лантан, самарий, неодим повышают продуктивность кукурузы, гороха, овощных культур. В надземной массе увеличивается содержание азота, фосфора, в овощах - сахаров, аскорбиновой кислоты.

В связи с тем, что влияние неодима на микробиологическую активность почв Забайкалья не изучалось, целью данного исследования являлось определение динамики микробиологических показателей, протеазной активности и продуктивности надземной массы гороха при внесении в почву неодима в условиях вегетационного опыта.

Методика исследования. Опыты проводились в вегетационных сосудах емкостью 6 л. Опытная культура горох полевой (*Pisum arvense* L.) сорта Тулунский. К уборке в фазе массового цветения оставлялось 10 растений / сосуд.

Сульфат неодима вносили в почву в растворе из расчета на элемент 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 мг на 1 кг почвы. В качестве контроля служил фон $N_{0,1}P_{0,1}K_{0,1}$ в форме аммонийной селитры, двойного гранулированного суперфосфата, хлорида калия.

Общее микробное число (ОМЧ) определяли на мясопептонном агаре (МПА) актиномицеты (*Actinomycetes*) на крахмало-аммиачном агаре (КАА); грибы (*Fungi*) на среде Чапека; аммонификаторы (*Bacteria*) на МПА; спорообразующие бактерии на МПА, протеолитики на желатине [11]. Определение микробиологических показателей выполнено на кафедре биотехнологии Восточно-Сибирского государственного технологического университета технологий и управления. Протеазная активность оп-

ределялась аппликационным методом по разложению эмульсионного слоя фотопленки [13].

Почва серая лесная неоподзоленная, легкосуглинистая с содержанием гумуса 3,36%, рН 6,8 с повышенным содержанием подвижного фосфора, средним - обменного калия. Валовое количество неодима в почве 18 мг/кг.

Почвенные пробы для анализа отбирались в 2 срока: 1 - в фазе начала бутонизации; 2 - в фазе массового цветения гороха.

Валовое содержание неодима в почве определяли после разложения смесью кислот HF, HNO₃, HCl с последующим атомно-абсорбционным анализом на спектрофотометре AAS SORAAR M6; подвижная форма неодима определялась в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) с рН 4,8. Неодим в растениях определяли после сухого озоления и последующего растворения в HCl (1:1) колориметрическим методом с арсеназо 3. Статистическая обработка данных произведена по Доспехову [6].

Результаты исследований и их обсуждение. В почвах редкоземельные элементы (РЗЭ) находятся в минералах, концентрирующих их: в осадочных фосфоритах, ортите, моноците и др. [5]. При изучении профильного распределения неодима в серой лесной почве было установлено, что количество элемента возрастает с глубиной, несколько снижаясь в переходном горизонте В_{ск} по сравнению с горизонтом В. Валовое содержание неодима в гумусовом горизонте находится в пределах средних значений для почв мира [8] и варьирует в пределах 20,2-24,3 мг/кг (табл. 1).

Наибольшее содержание подвижных форм соединений неодима определено в гумусовом слое почвы (табл. 1). По мере снижения подвижности элемента вниз по профилю заметное увеличение этого показателя в В_{ск} может быть обусловлено минералогическим составом породы. Степень подвижности неодима близка к показателям молибдена и цинка в серых лесных почвах Забайкалья и

Таблица 1 – Распределение содержания неодима в серой лесной почве

Горизонт, глубина, см	Валовое содержание	Подвижная форма	% подвижного от валового
А 0 – 28	16,9 ± 0,52	0,65 ± 0,011	3,8
В 28 – 36	27,5 ± 0,71	0,54 ± 0,011	2,0
Вк 36 – 57	27,2 ± 0,72	0,48 ± 0,010	1,8
Вск 57 – 75	25,1 ± 0,67	0,75 ± 0,012	3,0

они могут быть отнесены к почвам с очень низкой подвижностью неодима [4].

Серые лесные почвы природных агроландшафтов под многолетними травами характеризуются малой численностью микроорганизмов. В составе микро-

флоры преобладают актиномицеты, спорообразующие бактерии. Отмечается высокое содержание микроорганизмов в 1 г гумуса, особенно в слое 0-10 см (табл.2).

Таблица 2 – Микробиологическая характеристика серой лесной почвы Забайкалья

Глубина, см	ОМЧ тыс. в 1 г сухой почвы	Бактерии	Актиномицеты	Грибы	Спорообразующие бактерии	КАА/МПА	Содержание микроорганизмов в гумусе, млн/г
0-10	3330	58,9	40,8	0,3	30,0	1,6	99,9
10-20	2048	85,1	14,6	0,3	15,3	0,5	52,3
20-30	1286	85,4	13,4	0,2	9,5	0,3	19,2

При относительно широком отношении КАА/МПА активность минерализационных процессов ограничивает образование и закрепление в почве гумусовых веществ [7]. По обогащенности бактериями на МПА серая лесная почва по шкале Звягинцева [12] характеризуется как средняя, по количеству бактерий на КАА как бедная.

В серой лесной почве вегетационного опыта при внесении полного минерального удобрения (NPK) общее микробное число возрастает от фазы бутонизации (1 срок) к фазе массового цветения растений (2 срок). Это может быть обусловлено постепенной адаптацией микрофлоры к концентрации химических солей удобрений (табл.3).

Таблица 3 – Влияние неодима на микрообразующие показатели серой лесной почвы, КОЕ (тыс/г сухой почвы)

Варианты	Общее микробное число (МПА)	Актиномицеты (КАА)	Грибы	Спорообразующие	Аммонификаторы (МПА)	Протеолитики (желатин)
NPK-срок	$\frac{715,7 \times 10^5}{153,8 \times 10^3}$	$\frac{0,96 \times 10^3}{0,44 \times 10^3}$	$\frac{4,76 \times 10^3}{5,13 \times 10^3}$	$\frac{0,99 \times 10^3}{1,96 \times 10^3}$	$\frac{0,52 \times 10^3}{1,75 \times 10^3}$	$\frac{3,09 \times 10^3}{1,26 \times 10^3}$
Фон+Nd 0,25 мг/кг	$\frac{80 \times 10^4}{74,2 \times 10^4}$	$\frac{0,50 \times 10^3}{0,67 \times 10^3}$	$\frac{0,50 \times 10^3}{0,25 \times 10^3}$	$\frac{3,62 \times 10^3}{0,51 \times 10^3}$	$\frac{7,0 \times 10^3}{6,17 \times 10^3}$	$\frac{8,94 \times 10^3}{6,58 \times 10^3}$
Фон+Nd 0,5 мг/кг	$\frac{86,4 \times 10^4}{50 \times 10^4}$	$\frac{0,34 \times 10^3}{0,71 \times 10^3}$	$\frac{0,69 \times 10^3}{0,37 \times 10^3}$	$\frac{1,58 \times 10^3}{0,99 \times 10^3}$	$\frac{3,02 \times 10^3}{1,17 \times 10^3}$	$\frac{1,44 \times 10^3}{0,90 \times 10^3}$
Фон+Nd 1,0 мг/кг	$\frac{119,3 \times 10^5}{39,2 \times 10^4}$	$\frac{0,28 \times 10^3}{0,87 \times 10^3}$	$\frac{0,43 \times 10^3}{0,68 \times 10^3}$	$\frac{1,03 \times 10^3}{1,78 \times 10^3}$	$\frac{1,02 \times 10^3}{0,83 \times 10^3}$	$\frac{1,29 \times 10^3}{1,10 \times 10^3}$
Фон+Nd 2 мг/кг	$\frac{529,7 \times 10^5}{30,8 \times 10^4}$	$\frac{0,22 \times 10^3}{0,52 \times 10^3}$	$\frac{0,62 \times 10^3}{3,56 \times 10^3}$	$\frac{0,77 \times 10^3}{3,42 \times 10^3}$	$\frac{0,73 \times 10^3}{0,64 \times 10^3}$	$\frac{0,86 \times 10^3}{0,42 \times 10^3}$

Примечание: над чертой - фаза начало бутонизации, под чертой - фаза массового цветения гороха

При этом повышается численность грибов, спорообразующих бактерий, аммонификаторов. Количество протеолитиков было наибольшим в 1 срок и по мере исчерпания ресурсов белка семенного материала, ко 2 сроку наблюдается снижение численности протеолитиков в 2,4 раза. Неодим, независимо от дозы применения во все сроки определения, снижал показатель ОМЧ по отношению к фону. Но к периоду массового цветения растений (2 срок) численность актиномецетов по отношению к фону возрастала по мере увеличения дозы неодима от 0,25 до 1,0 мг/кг и в меньшей степени при 2,0 мг/кг. Развитие грибов под воздействием неодима угнетается, но отмечается нарастание численности при повышении дозы неодима до 2,0 мг/кг. Такое действие неодима проявляется и в отношении спорообразующих бактерий. В первый срок под влиянием 0,25 мг/кг неодима количество спорообразующих бактерий было в 3,6 раза выше, чем по фону NPK, при более высоких дозах этот показатель снижается, но сохраняется на более высоком уровне по сравнению с фоном, за исключением

варианта с 2,0 мг/кг неодима. В фазу массового цветения численность спорообразующих бактерий при дозе неодима 2,0 мг/кг превосходит фон в 1,7 раза. Количество аммонификаторов и протеолитиков устойчиво повышается во все сроки определения при самой низкой концентрации неодима (0,25 мг/кг), соответственно, в 13,5 и 3,5 раза; в 2,9 и 5,2 раза по сравнению с фоном. По мере увеличения дозы неодима снижается численность этих групп микроорганизмов. Таким образом, почвенные микроорганизмы, осуществляющие распад и трансформацию органических азотсодержащих соединений, проявляют положительную отзывчивость на низкие концентрации неодима в среде. Ранее отмечалось, что лантан в серой лесной и каштановой почвах стимулировал развитие аммонификаторов, нитрификаторов, целлюлозолитиков активизировал процесс аммонификации, нитрификации в посевах кукурузы, гороха [2,10,14]. Повышение численности протеолитиков под влиянием неодима согласуется с данными протеазной активности почвы в посевах гороха (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние неодима на протеазную активность серой лесной почвы в посевах гороха (% разложения эмульсионного слоя)

Варианты	Фазы развития растений	
	3-4 листа	начало бутонизации
NPK-фон	37,3 ± 1,7	71,0±2,5
Фон+Nd 0,25 мг/кг	40,3±2,0	74,0±2,6
Фон+Nd 0,5 мг/кг	24,0±1,5	47,0±2,5
Фон+Nd 1,0 мг/кг	20,7±1,9	-
Фон+Nd 2,0 мг/кг	21,3±1,3	20,0±2,1

Примечание: - не определялось

В варианте с низкой дозой неодима четко проявляется положительное действие элемента на активность фермента в разные фазы развития растений. Повышение концентрации неодима снижает протеазную активность. В работе [1] также было отмечено, что лантан увеличивал в почве содержание ферментов, в том числе протеазы.

Учет урожая фитомассы гороха в опыте показал, что только при низкой дозе неодима достоверно повышается количество сухой надземной массы. При этом не наблюдается нарастание корней. Повышение концентрации неодима несколько угнетают развитие корней (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние неодима на продуктивности фитомассы гороха (г/сосуд сухой массы)

Варианты	Урожай надземные массы	прибавка		Корни, г/сосуд
		г/сосуд	%	
НРК-фон	12,3	-	-	3,4
Фон+Nd 0,25 мг/кг	13,2	1,0	8,0	3,5
Фон+Nd 0,5 мг/кг	12,6	0,3	2,0	3,2
Фон+Nd 1,0 мг/кг	12,8	0,5	4,0	3,4
Фон+Nd 2,0 мг/кг	11,6	-	-	2,9
НСР				

Неодим аккумулируется преимущественно в корнях. Такая же закономерность была характерна и для лантана [3]. Повышение дозы неодима выше 0,25 мг/кг

вызывает увеличение количества элемента в корнях и меньшее поступление в надземную массу (табл. 6).

Таблица 6 – Содержание неодима в фитомассе гороха (мг/кг сухой массы)

Варианты	Надземная масса	Корни
НРК(фон)	0,32	1,12
Фон+Nd 0,25 мг/кг	0,39	1,39
Фон+Nd 0,50 мг/кг	0,17	1,43
Фон+Nd 1,0 мг/кг	0,14	1,56
Фон+Nd 2,0 мг/кг	0,14	1,86

Заключение. Содержание неодима в серой лесной почве определяется в пределах средних значений для почв мира. Валовое количество элемента в профиле почвы возрастает с глубиной, но подвижность элемента снижается, несколько возрастая в карбонатной почвообразующей породе.

Неодим угнетает развитие почвенной микрофлоры. Но при низкой концентрации внесения элемента в почву в составе ОМЧ возрастает численность аммонификаторов, протеолитиков и усиливается протеазная активность и повышается урожай надземной массы гороха.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №12-05-00020а)

Библиографический список

1. Абашеева Н.Е. Влияние лантаносодержащих микроудобрений на биологическую

активность каштановых почв / Н.Е. Абашеева, Е.Г. Инешина, М.Г. Меркушева и др. // Агрохимия. – 2003. – №8. – С.39-44.

2. Абашеева Н.Е. Влияние лантана и неодима на нитрификационную активность почвы, урожай и качество гороха / Н.Е. Абашеева, Н.М. Кожевникова, М.Г. Меркушева и др. // Агрохимия. – 2005. – №2. – С.55-60.

3. Абашеева Н.Е. Содержание редкоземельных элементов лантана и неодима в фитомассе кукурузы и гороха / Н.Е. Абашеева, Н.М. Кожевникова, З.А. Солдатов и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2006. – №2. – С.111-116.

4. Абашеева Н.Е. Биологические основы плодородия почв Бурятии / Н.Е. Абашеева, М.Г. Меркушева, Л.Л. Убугунов и др. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2009. – 241с.

5. Вернадский В.И. Труды по биогеохимии и геохимии почв / В. И. Вернадский. – Л.: Наука, 1992. – 437 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого

опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.

7. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – №6. – С.48-54.

8. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х.Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 437с.

9. Кожевникова Н.М. Влияния самария на продуктивность гороха и овощных культур, подвижность самария в каштановой почве и его накопление в растениях / Н.М. Кожевникова, Е.П. Ермакова // Агрохимия. – 2009. – №6. – С.52-55.

10. Маладаев А.А. Лантан в системе почва-растение, его влияние на биологическую продуктивность и качество сельскохозяйственных растений / А.А. Маладаев, Н.Е.

Абашеева – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2010. – 127с.

11. Методы почвенной микробиологии и биохимии: учебное пособие / под ред. Д.Г. Звягинцева – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304с.

12. Сеничкина М.Г. Микроэлементы в почвах Сибири / М. Г. Сеничкина, Н. Е. Абашеева. – Новосибирск: Наука.Сиб.отд-ние, 1986. – 173 с.

13. Хазиев С.А. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы её изучения / С.А. Хазиев, А. Гулько // Почвоведение. – №9. – 1991. – С.88-103.

14. Чимитдоржиева И.Б. Влияние лантана на микробиологическую активность и фракционный состав азота почв в посевах кукурузы: автореф. дис.канд.биол.наук. – Улан-Удэ, 2007. – 19с.

УДК 635.21:631.874

А. А. Васильев

ГНУ ЮУНИИПОК Россельхозакадемии, Челябинск

E-mail: kartofel_chel@mail.ru

СИДЕРАЛЬНЫЙ ПАР – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРЕДШЕСТВЕННИК ДЛЯ КАРТОФЕЛЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Ключевые слова: картофель, сидерат, яровой рапс, вико-овсяная смесь, почвенное плодородие, фитосанитарное состояние, урожайность.

Изучено влияние ярового рапса и викоовсяной смеси на почвенное плодородие, урожайность и фитосанитарное состояние агросистем картофеля в условиях лесостепной зоны Южного Урала.

A. Vasilyev

SSI “Southern Ural Research Institute of Fruit-and-Vegetable Growing and Potato Growing of Russian Academy of Agricultural Sciences”, Chelyabinsk

GREEN MANURE CROPS – EFFECTIVE PRECURSORS FOR THE POTATO IN THE FOREST STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

Key words: potatoes, green manure, spring canola, vetch-oat mixture, soil fertility, phytosanitary condition, yields.

The influence of spring rape and vetch-oat mix on the soil fertility and yield capacity as well as on the phytosanitary condition of potato agrisystems in the forest-steppe zone of the Southern Urals has been studied in the article.

Введение. Сохранение и повышение почвенного плодородия – основа

увеличения продуктивности растениеводства. Важное место в решении этой