

УДК 631.417

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ МНОГОЛЕТНЕЙ ЗАЛЕЖИ

¹Журлов О.С., ²Грудинин Д.Г., ²Яковлев И.Г.

¹Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург, e-mail: jurlov1968@mail.ru;

²Институт степи УрО РАН, Оренбург

В статье обсуждаются методические особенности отбора проб почвы для физико-химического, бактериологического и метагеномного анализа. С помощью метода отбора проб почвы из равноудаленных точек показана неравномерность распределения физико-химических показателей по площади экспериментального участка и их зависимость от неоднородности рельефа залежи. Многолетняя залежь была представлена черноземом южным, щелочным, с градиентом распределения pH от 7,5 до 8,5 единиц. Диапазон варьирования физико-химических показателей на участке площадью 1 га составил по органическому веществу ($1,4 \pm 0,3\%$ – $5,4 \pm 0,5\%$), аммонийному ($12,3 \pm 1,2$ – $26,7 \pm 2,7$ мг/кг) и нитратному азоту ($0,9 \pm 0,1$ – $3,9 \pm 0,6$ мг/кг). Содержание органического вещества слабо коррелировало с количеством аммонийного и нитратного азота ($r = 0,34$; $r = 0,24$ соответственно) в почве. В работе обсуждается возможность применения метода отбора проб почвы из равноудаленных точек с GPS-позиционированием, в качестве единого методического приема наиболее точно отражающего особенности распределения физико-химических показателей по площади участка. Необходимость стандартизации методики отбора проб почвы связана с комплексными исследованиями процессов формирования микробных сообществ почв и фитоценозов и их мониторинг при изменении физических и химических показателей почвы.

Ключевые слова: почва многолетней залежи, аммонийный азот, нитратный азот, микроэкология почв

VARIABILITY IN THE PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF FALLOW LAND

¹Zhurlov O.S., ²Grudin D.G., ²Yakovlev I.G.

¹Institute Cellular and Intracellular Symbiosis Ural Branch of RAS, Orenburg, e-mail: jurlov1968@mail.ru;

²Steppe Institute Ural Branch of Russian Academy Sciences, Orenburg

The article discusses of methodological characteristics of soil sampling for physico-chemical, bacteriological and metagenomic analysis. Using the method of soil sampling from equidistant points shows the uneven distribution of physico-chemical indicators of area the experimental plot and their dependence on heterogeneity of relief of fallow land. The fallow land was presented by the southern black soil, alkaline, with a gradient distribution of pH from 7.5 to 8.5 units. The range of variation physico-chemical indicators on plot of 1 he was organic ($1.4 \pm 0.3\%$ – $5.4 \pm 0.5\%$), ammonium (12.3 ± 1.2 – 26.7 ± 2.7 mg/kg) and nitrate nitrogen (0.9 ± 0.1 to 3.9 ± 0.6 mg/kg). The organic matter content correlated poorly with amount of ammonium and nitrate nitrogen ($r = 0.34$; $r = 0.24$, respectively) in the soil. The paper discusses the possibility of applying the method of soil sampling from equidistant points with GPS-positioning, as a single methodological technique that most accurately reflecting the characteristics of the distribution of physico-chemical indicators on the area. The need for standard methods of soil sampling, associated with comprehensive research of processes of formation of microbial communities of soil and plant communities and their monitoring in the change of physical and chemical parameters of the soil.

Keywords: fallow land, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, microecology of soil

Научно-методическая разработка вопросов повышения плодородия почв, эффективности «самовосстановления» и рекультивации земель сельскохозяйственного назначения являются актуальной задачей агроэкологии. В Российской Федерации в течение последних десятилетий в силу политических и экономических преобразований прекращено использование более 30% пахотных угодий [1].

Проблема медленного восстановления залежных земель обусловлена медленной сукцессией бурьянистой растительности, представленной однолетними и двухлетними травами и типичными представителями степных фитоценозов [2]. Кроме того, мониторинг сукцессии фитоценозов многолетней залежи невозможен без анализа всего комплекса показателей (физико-химических, гидротерми-

ческих, биологических и т.д.), в пределах почвенно-климатической зоны.

Однако отсутствие единых требований к отбору проб почвы для агрохимического, микробиологического и метагеномного анализа сильно осложняет эту задачу. Для отбора проб почвы аккредитованные организации используют несколько методик [3–7]. Зачастую исследуемая территория неоднородна (особенности микрорельефа, мозаики почвенного покрова и т.д.), что оказывает влияние на распределение растительности и микробных сообществ почвы [8]. Рекомендуемые методики отбора проб, для выработки рекомендаций для всего исследуемого участка, используют усреднение изучаемых показателей, сглаживая эту неоднородность. Такой подход диктуется «старыми», трудоемкими мето-

дами исследования и анализом типичных, «доминирующих» для территории объектов и их свойств, которые экстраполируются на весь изучаемый участок.

Сегодня методы анализа проб почвы являются менее ресурсозатратными и более экономичными, как с точки зрения использования времени, количества отбираемого материала, так и затрачиваемых реактивов.

Несмотря на это, до сих пор нет метода, который отвечал бы запросам автоматизации отбора проб на целый спектр показателей, в котором каждая точечная проба характеризовала бы изучаемые показатели в определенном секторе поля. Стандартизация методик отбора проб почвы и их интеграция в единый методический прием позволит в будущем проводить комплексный мониторинг физико-химических характеристик и микробных сообществ почв при изучении сукцессий фитоценозов.

Целью исследования явился анализ агрохимических показателей участка многолетней залежи с помощью метода отбора проб из равноудаленных точек.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на территории Переволоцкого района Оренбургской области, в 10 км к юго-востоку от пос. Переволоцкий на участке трехлетней залежи с координатами 51° 49' с.ш. и 54° 19' в.д. Общий характер рельефа участка – слабоволнистая равнина с хорошо выраженными микрозападинами. Климатические условия, характерные для Центрального Оренбуржья, среднегодовое количество осадков 300–350 мм. Почвенный покров представлен черноземами южными маломощными, со слабощелочными значениями рН.

Отбор проб почвы для агрохимического анализа производился на участке залежи 100×100 м. На первом этапе исследования была создана карта-схема участка многолетней залежи с равноудаленными (25 м) точками для отбора проб почвы. Отбор точечных проб производился в узлах сетки, в пределах окружности с центром в точке GPS-позиционирования (радиусом 50 см), разделенным на 8 секторов. Для отбора проб почвы использовали оригинальные пробоотборники (автоклавируемые алюминиевые цилиндры 25×150 мм). Глубина отбора проб составляла 150 мм, горизонт $A_0 - A_1$ [9].

Агрохимический анализ проводился на базе испытательного центра Федерального государственного учреждения Государственный центр агрохимической службы «Оренбургский»: содержание органического вещества [10], аммонийного азота [11], нитратного азота [12], рН водной вытяжки почвы [13]. GPS-позиционирование проводили с помощью GPS-навигатора «Garmin Oregon 300». Карта-схема градиента показателя рН была составлена с использованием системы MapInfo.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании результатов агрохимического анализа почвы, на участке мно-

голетней залежи 100×100 м, составлена карта-схема распределения значений рН почвы по площади экспериментального участка (рисунок). Неравномерность распределения значений рН (среднее значение из трех проб) в совокупности объединены в градиент распределения рН по всей площади участка. Диапазон варьирования показателя рН участка многолетней залежи находился в слабощелочной зоне (7,5–8,5 единиц).

Такая вариабельность рН объяснима лишь особенностями микрорельефа участка, оказывает влияние на формирующийся фитоценоз участка и состав микробных сообществ залежи. Особенности рельефа участка, представленного равниной с центрально расположенной ложбиной, характеризующейся в точках отбора проб (№ 21, 26) самым низким рН (7,5 ед.), в сравнении с максимальными значениями рН (8,5 ед.) в точках № 1, 2, 3, 6, 11, 15 (рисунок).

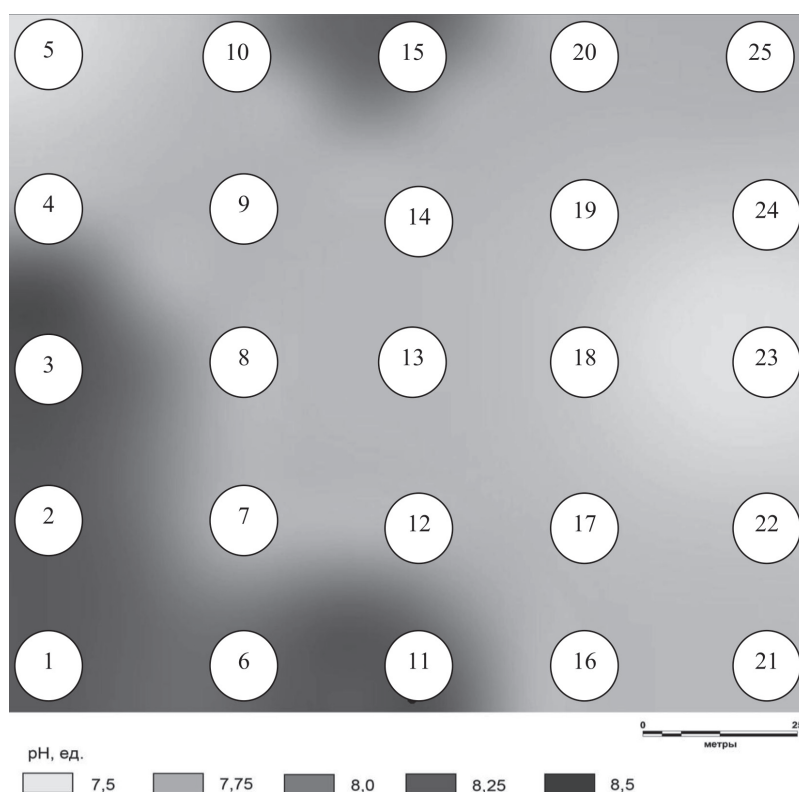
По всей видимости, на величину рН оказывает влияние микрорельеф участка, с более низкими значениями в ложбине, что, возможно, является следствием водной эрозией почвы и связано с аккумуляцией органического вещества, солей и более высокой влажности почвы.

Вместе с определением рН почвы были определены еще несколько агрохимических показателей, характеризующих плодородность почвы (органическое вещество, аммонийный и нитратный азот) и имеющих важное значение для формирования фитоценоза залежи.

Содержание органического вещества на участке многолетней залежи, обусловленное растительным опадом, имеет важное значение для создания поверхностного слоя подстилки, способствующей сохранению влажности почвы. В среднем для почв Центральной зоны Оренбургской области характерна низкая мощность гумусового горизонта (3–4%).

Кроме того, распределение органического вещества по площади участка подвержено влиянию микрорельефа.

Распределение органического вещества по площади экспериментального участка было неравномерно, с очагами концентрирования в точках № 1, 5 и 13 (таблица). При этом диапазон варьирования концентрации органического вещества составлял от 1,1% до 5,9%. Столь значительные колебания содержания органического вещества в почве залежи не могут не оказывать влияния на формирование фитоценозов и состав микробных сообществ и их метаболическую активность.



Карта-схема распределения значений pH на участке многолетней залежи

Содержание азота в почве, в зависимости от фракции, значительно отличалось. Относительно высокие концентрации аммонийного азота сочетались с низким содержанием нитратного азота. Распределение концентраций азота по площади участка было неравномерным (таблица).

Наиболее высокая концентрация аммонийного азота была в точке № 13 ($26,7 \pm 2,7$ мг/кг), а самая низкая в точке № 3 ($\leq 1,0$ мг/кг). Наибольшая концентрация нитратного азота, наиболее доступного для растений, составляла ($3,9 \pm 0,6$ мг/кг) в точке № 1, а наименьшая – в точках № 8, 13, 14, 21, 22, 25 ($0,9 \pm 0,2$ мг/кг). Высокие концентрации органического вещества слабо коррелировали с содержанием аммонийного ($r = 0,34$) и нитратного ($r = 0,24$) азота. Одной из возможных причин является низкое содержание микроорганизмов-нитрофикаторов в почве многолетней залежи или низкой их метаболической активности.

Таким образом, в результате применения единого методического приема, отбора проб почвы из равноудаленных точек с GPS-позиционированием показано, что распределение агрохимических показателей на участке многолетней залежи почвы носит неравномерный характер. Вариабельность агрохимических показателей почвы

в отдельных точках отбора проб зависела от неоднородности рельефа участка. Диапазон варьирования содержания органического вещества в почве залежи составлял от $1,4 \pm 0,3\%$ до $5,4 \pm 0,5\%$, аммонийного азота от $12,3 \pm 1,2$ мг/кг до $26,7 \pm 2,7$ мг/кг и нитратного от $0,9 \pm 0,1$ мг/кг до $3,9 \pm 0,6$ мг/кг. При этом содержанием органического вещества в почве многолетней залежи и количество аммонийного и нитратного азота, слабо коррелировали между собой, что может быть связано с низкой метаболической активностью микроорганизмов-нитрофикаторов, как следствие низкой влажности почвы.

Апробация методики отбора проб почвы из равноудаленных точек с GPS-позиционированием показала, что она отображает всё разнообразие распределения исследуемых показателей по площади экспериментального участка. Размер сетки пробоотбора зависит от неоднородности рельефа исследуемого ландшафта, чем она выше – тем меньше должно быть расстояние между точками пробоотбора. Неравномерность распределения значений агрохимических показателей по площади участка позволяет построить градиент распределения агрохимических показателей и наглядно демонстрирует ареалы с минимальными и максимальными их значениями.

Распределение агрохимических показателей по площади участка

Точка отбора пробы почвы	Координаты точки (GPS-позиционирование)	Органическое вещество, %	Массовая доля азота аммонийного, мг/кг	Массовая доля азота нитратного, мг/кг
№ 1	51°8256 с.ш. и 54°3277 в.д.	5,2 ± 0,5	14,8 ± 1,5	3,9 ± 0,6
№ 2	51°8255 с.ш. и 54°3280 в.д.	4,8 ± 0,5	12,3 ± 1,3	3,3 ± 0,3
№ 3	51°8256 с.ш. и 54°3284 в.д.	4,2 ± 0,6	≤ 1,0	1,3 ± 0,2
№ 4	51°8255 с.ш. и 54°3288 в.д.	4,7 ± 0,3	10,3 ± 1,2	1,5 ± 1,1
№ 5	51°8256 с.ш. и 54°3291 в.д.	5,4 ± 0,5	12,3 ± 1,2	1,7 ± 0,3
№ 6	51°8253 с.ш. и 54°3277 в.д.	1,3 ± 0,3	15,2 ± 2,3	2,7 ± 0,7
№ 7	51°8253 с.ш. и 54°3280 в.д.	1,7 ± 0,3	19,4 ± 1,7	2,3 ± 0,9
№ 8	51°8253 с.ш. и 54°3284 в.д.	5,3 ± 0,7	24,3 ± 1,6	0,9 ± 0,2
№ 9	51°8253 с.ш. и 54°3288 в.д.	5,2 ± 0,5	23,2 ± 0,9	1,2 ± 0,3
№ 10	51°8253 с.ш. и 54°3291 в.д.	4,7 ± 0,5	20,5 ± 1,5	1,1 ± 0,3
№ 11	51°8251 с.ш. и 54°3277 в.д.	1,4 ± 0,3	12,3 ± 1,2	1,2 ± 0,2
№ 12	51°8251 с.ш. и 54°3281 в.д.	4,1 ± 0,3	22,6 ± 0,8	1,3 ± 0,2
№ 13	51°8251 с.ш. и 54°3284 в.д.	5,4 ± 0,5	26,7 ± 2,7	0,9 ± 0,1
№ 14	51°8251 с.ш. и 54°3287 в.д.	4,6 ± 0,7	23,5 ± 1,9	0,9 ± 0,1
№ 15	51°8251 с.ш. и 54°3291 в.д.	4,2 ± 0,6	15,6 ± 1,6	1,2 ± 0,2
№ 16	51°8249 с.ш. и 54°3277 в.д.	1,7 ± 0,5	13,5 ± 1,3	1,1 ± 0,2
№ 17	51°8249 с.ш. и 54°3281 в.д.	3,8 ± 0,3	18,8 ± 2,1	1,3 ± 0,3
№ 18	51°8249 с.ш. и 54°3284 в.д.	4,2 ± 0,5	20,2 ± 1,3	1,2 ± 0,1
№ 19	51°8249 с.ш. и 54°3287 в.д.	4,5 ± 0,3	19,3 ± 1,7	0,9 ± 0,2
№ 20	51°8249 с.ш. и 54°3291 в.д.	4,3 ± 0,7	18,7 ± 1,9	1,3 ± 0,3
№ 21	51°8247 с.ш. и 54°3276 в.д.	4,8 ± 0,7	14,8 ± 1,5	0,9 ± 0,2
№ 22	51°8246 с.ш. и 54°3280 в.д.	4,3 ± 0,3	17,6 ± 1,2	0,9 ± 0,1
№ 23	51°8246 с.ш. и 54°3284 в.д.	4,5 ± 0,7	16,0 ± 1,6	1,1 ± 0,2
№ 24	51°8247 с.ш. и 54°3287 в.д.	4,5 ± 0,5	14,1 ± 0,9	1,3 ± 0,3
№ 25	51°8246 с.ш. и 54°3291 в.д.	4,6 ± 0,7	13,3 ± 1,3	0,9 ± 0,2

Таким образом, каждая точечная проба характеризует состояние изучаемых показателей в определенном секторе поля, а совокупность секторов с близкими характеристиками составляет ареалы внутри поля в целом, что, с одной стороны отображает разнообразие изучаемого показателя, а с другой, позволяет получить средние значения. Формирование общей пробы, при отборе проб почвы «стандартными» методами для метагеномного анализа, способствует увеличению доли «доминирующих» и снижению доли «минорных» таксонов, что может необъективно отображать распределение микробных сообществ на участке поля и не позволяет проанализировать зависимость распределения микробных сообществ от физико-химических показателей почв.

В последние 10 лет в почвоведении и агроэкологии активно развиваются разнообразные информационно-аналитические системы [14, 15]. Методика, отбора проб почвы из равноудаленных точек с GPS-позиционированием хорошо интегрируется

в эти системы, более того, ее можно автоматизировать и получать данные о состоянии почвы с построением карт-схем распределения агрохимических и биологических показателей почвы.

Актуальность стандартизации методики отбора проб почвы связана с активными исследованиями процессов формирования микробных сообществ почв и их мониторинг при изменении физических и химических показателей почвы. Поэтому необходимы совместные усилия почвоведов, микробиологов, молекулярных биологов и химиков для стандартизации методик отбора проб почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Оренбургской области в рамках научного проекта № 17-44-560976 p_a.

Список литературы

1. Романовская А.А. Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 52–61.
2. Дзыбов Д.С. Научно-практические основы биологического метода исключения залежной растительности из

- сукцессионного процесса // Земледелие. – 2016. – № 2. – С. 13–17.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. (СТ СЭВ 3847-82). Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. с 01.07.84 по 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 2 с.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. с 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 15 с.
6. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М., 1991. – 303 с.
7. Андронов Е.Е., Пинаев А.Г., Першина Е.В., Чижевская Е.П. Выделение ДНК из образцов почвы (методические указания). – СПб.: ВНИИСХМ РАСХН, 2011. – 27 с.
8. Добровольская Т.Г., Головченко А.В., Панкратов Т.А., Лысак Л.В., Звягинцев Д.Г. Оценка бактериального разнообразия почв: эволюция подходов и методов // Почвоведение. – 2009. – № 10. – С. 1222–1232.
9. Журлов О.С., Грудинин Д.А., Яковлев И.Г. Методические подходы к картированию микробных сообществ почв сельскохозяйственного назначения степной зоны // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 3–2. – С. 219.
10. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 8 с.
11. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
12. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
13. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.
14. Зайдельман Ф.Р., Ковалев Н.Г., Чумичева Г.Д., Никифорова А.А., Болатбекова К.С., Карманов И.И., Булгаков Д.С. Принципы и опыт составления агроландшафтных экологических почвенно-мелиоративных карт // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 719–730.
15. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Будаков Д.А. Использование информационно-аналитической системы в почвенно-экологических исследованиях // Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 23–30.