

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА В ПОЧВЕ
МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ**

**В.М. Лапушкин, к.б.н., ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
Россия, 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49
e-mail: lapushkin@rgau-msha.ru**

**Работа выполнена за счет средств Программы развития университета
в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»**

Представлены результаты лабораторных исследований возможности определения содержания нитратного азота спектрофотометрическим методом при длине волны 220 нм применительно к почвенным вытяжкам 1 н. KCl. Исследования показали, что спектрофотометрический и ионометрический методы дают схожие и сопоставимые между собой результаты, а отклонение полученных разными методами результатов статистически не существенно. Оценка точности фотометрического анализа методом «введено-найдено» показала на почвах разного гранулометрического состава систематическое занижение результатов на 3-9%. Описана методика спектрофотометрического метода, который прост в исполнении и может быть применен для определения содержания нитратного азота в одной навеске почвы при обработке групповым экстрагентом 1 н. KCl.

Ключевые слова: нитрат, спектрофотометрия, ультрафиолет, ионометрия, азот, почвенная диагностика, агрохимический анализ почвы.

Для цитирования: В.М. Лапушкин Определение содержания нитратного азота в почве методом УФ-спектрофотометрии// Плодородие. – 2025. – №2. – С. 9-13. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.02.

Азотные удобрения, как известно, играют решающую роль в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур. В связи с этим, актуальной проблемой являются оценка запасов доступного, минерального азота в почве и своевременное проведение диагностики азотного питания растений.

В настоящее время предложен ряд методик для проведения анализов на содержание в почве минерального азота. Основными можно считать фотометрическое определение аммонийного азота салицилатным методом (ГОСТ 26489-85) и ионометрическое определение содержания нитрата (ГОСТ 26951-86). При этом анализ содержания аммония проводят в вытяжке 1 н. KCl (ГОСТ 26483-85), а определение нитрата в вытяжке 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов, так как Cl⁻ мешает ионометрическому определению NO₃⁻. Таким образом, ионометрическое определение содержания нитратного азота в почве, с одной стороны, довольно быстро и производительно, однако, с другой – имеет один существенный недостаток: невозможность использования группового экстрагента (1 н. KCl). В последнем, согласно ГОСТу 26483-85, возможны одновременное измерение величины рН, определение обменной кислотности и обменного алюминия, обменных кальция, магния, аммония и марганца, а также подвижной серы. Иными словами, для определения содержания нитратного азота в почве необходимо взятие отдельной навески почвы, использование отдельного экстрагента, посуды и т.д., что требует дополнительных затрат труда и времени.

Следует отметить, что приготовление солевой вытяжки (1 н. KCl) предусматривает, однако, определение нитратного азота по ГОСТ 26488-85 путем дальнейшего восстановления нитрата до нитрита гидразином в присутствии Cu²⁺ в щелочной среде и последующего

фотометрического определения нитрита по Гриссу (с сульфаниловой кислотой и α -нафтиламино). Но необходимо учесть, что проведение данного анализа отличается довольно высокой трудоемкостью и требует большого количества различных реактивов. Кроме того, рабочий диапазон определяемых концентраций довольно узок и может потребоваться многократное разбавление полученной вытяжки.

ГОСТ Р 53219 – 2008 предусматривает определение N-NH₄⁺ и N-NO₃⁻ в одной навеске в вытяжке 0,02 н. CaCl₂ с применением автоматизированных спектрометрических методов сегментированного проточного анализа. При этом определение аммония проходит также салицилатным методом, а определение нитрата проводят после восстановления кадмием и медью NO₃⁻ → NO₂⁻ с дальнейшим окрашиванием и фотометрированием по Гриссу. Данный метод требует специального оборудования и большого количества реактивов.

Таким образом, вызывает интерес поиск метода определения нитратного азота в вытяжке групповым экстрагентом (1 н. KCl), который не уступает в точности простоте и производительности широко распространенному ионометрическому методу.

В зарубежной литературе второй половины XX в. встречается метод прямого определения содержания нитратного азота в природных объектах (вода, почвы, горные породы и минералы) методом УФ-спектрофотометрии [1-4].

Описанные методы с различными изменениями и модификациями нашли свое отражение в последующих работах, посвященных, в основном, анализу природных вод [5-7]. В отечественной литературе данному вопросу уделено значительно меньше внимания [8], также разработан РД 52.24.481-2007 "Массовая концентрация

общего азота в водах. Методика выполнения измерений УФ-спектрофотометрическим методом после окисления персульфатом калия."

Особый интерес представляет работа Н.И. Борисовой, в которой предложен метод определения нитрата в почвенных вытяжках (0,03 н. K_2SO_4) путем прямого фотометрирования в УФ-области при длине волны 220 нм [9]. В этой работе проведена сравнительная оценка метода УФ-спектрофотометрии с распространенным в то время дисульфифеноловым методом определения нитрата по Грандваль-Ляжу. После статистической обработки результатов серии проведенных анализов автор делает вывод о том, что спектрофотометрический метод дает очень близкие результаты со стандартным дисульфифеноловым методом, что подтверждается сильной корреляционной связью ($r=0,89-0,98$).

Цель нашего исследования – оценить возможность использования метода УФ-спектрофотометрии применительно к почвенным вытяжкам (1 н. KCl) для определения $N-NO_3^-$ и $N-NH_4^+$ в одной навеске и упрощения проведения диагностики азотного питания растений.

Методика. Для подтверждения гипотезы о применимости метода УФ-спектрофотометрии для определения содержания нитратного азота в почве использовали образцы дерново-подзолистых почв Москвы и Московской области. Содержание гумуса в этих почвах 1,7-3,1%, pH_{KCl} 4,1-5,6, $Нг=1,40-5,49$ мг-экв/100 г, $ЕКО=9,0-15,2$ мг-экв/100 г. Содержание нитратного азота в исследуемых образцах варьировало в диапазоне 5,3-25,6 мг/кг. Поскольку наблюдается существенная вариабельность агрохимических показателей в пределах одного типа почв, для анализа использовали почвы разных гранулометрического состава и степени окультуренности [10-12].

В качестве метода сравнения использовали ионометрическое определение содержания нитратного азота в почве (по ГОСТ 26951-86).

Спектрофотометрическое определение содержания нитрата в почве выполняли по следующей методике: 5 $см^3$ фильтрата почвенной вытяжки (по ГОСТ 26483-85) переносили в мерную колбу вместимостью 50 $см^3$. К фильтрату добавляли 2,5 $см^3$ $HClO_4$ (60%). После отстаивания в течение 15-20 мин пипеткой аккуратно отбирали 3-5 $см^3$ надосадочной жидкости для фотометрирования, которое проводили в кварцевых кюветах при длине волны 220 нм.

Для шкалы калибровочных растворов использовали исходный эталонный раствор с содержанием 500 мг/л $N-NO_3^-$, после разбавления которого получали рабочий раствор с содержанием 5 мг/л нитратного азота. Далее готовили серию растворов сравнения, перенося в мерные колбы вместимостью 50 $см^3$, 1, 2, 4 ... 20 $см^3$ рабочего раствора. К отобраным аликвотам добавляли по 5 $см^3$ 1 н. KCl (эквивалентно почвенным вытяжкам) и 2,5 $см^3$ $HClO_4$ (60%), доводили до метки дистиллированной водой и перемешивали. После отстаивания осадка проводили фотометрирование и построение калибровочного графика. Из расчета того, что 1 мл рабочего раствора соответствует 2,5 мг/кг $N-NO_3^-$ (при условии, что аликвота фильтрата почвенной вытяжки составляет 5 $см^3$) приготовленная шкала будет иметь диапазон 0-50 мг/кг $N-NO_3^-$.

Все лабораторные анализы проводили в 3-4-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение. Важным требованием проведения спектрофотометрического анализа является

прозрачность экстрагентов в выбранном спектральном диапазоне. Было проведено сравнение трех растворов, которые рекомендованы для экстракции аммонийного азота из почвы. Фотометрирование при длине волны 220 нм показало, что раствор 1 н. NaCl и 0,02 н. $CaCl_2$ незначительно увеличивал оптическую плотность раствора относительно дистиллированной воды, а раствор 1 н. KCl увеличивал ее более, чем в 2 раза. Это свидетельствует о том, что избыток иона K^+ препятствует прямому фотометрированию нитрата. Также, согласно литературным данным, существенное влияние на результаты анализа может оказывать высокая концентрация NO_2^- и CO_3^{2-} . В связи с этим фотометрирование рекомендуется проводить в вытяжках, подкисленных концентрированной хлорной кислотой ($HClO_4$).

Введение хлорной кислоты в растворы солей приводило к незначительному снижению оптической плотности растворов хлорида натрия и кальция и выпадению плотного тяжелого осадка перхлората калия в растворе 1 н. KCl (табл. 1). Таким образом, мешающее действие K^+ было устранено путем перевода в нерастворимую форму за счет образования перхлората калия.

1. Оптическая плотность растворов солей в зависимости от добавления хлорной кислоты

Наличие хлорной кислоты	1 н. NaCl	1 н. KCl	0,02 н. $CaCl_2$	\bar{x}	S	V%
-	0,075	0,175	0,07	0,107	0,059	55,5
+ $HClO_4$	0,06	0,08	0,055	0,065	0,013	20,4

Примечание. \bar{x} – среднее; S – ст. отклонение; V% – коэффициент вариации.

Поскольку фотометрирование мутных растворов недопустимо, от осадка можно избавиться разными методами – фильтрованием, центрифугированием или длительным отстаиванием. Замечено, что после добавления хлорной кислоты перхлорат калия оседает на дне колбы с очень высокой скоростью, поэтому сделано предположение, что даже непродолжительное отстаивание позволит провести фотометрирование раствора без помех. Для подтверждения данной гипотезы был проведен эксперимент: в цилиндр наливали 50 $см^3$ раствора 1 н. KCl, добавляли 2,5 $см^3$ концентрированной хлорной кислоты, тщательно перемешивали и оставляли в вертикальном положении. Далее с интервалом в 1 мин, погрузив пипетку на половину высоты цилиндра, с одной и той же глубины, отбирали пробу для фотометрирования. Для достоверности опыт повторяли 4 раза. Результаты измерения показали, что отстаивание в течение 15 мин достаточно для полного осаждения перхлората калия и проведения фотометрирования (рис. 1).

Измерение оптической плотности шкалы образцовых растворов с применением разных экстрагентов, а также добавлением хлорной кислоты, показало, что в целом при фотометрировании относительно «нулевого» раствора (экстрагент) хлориды калия и натрия дают очень близкие результаты, а раствор хлористого кальция имеет некоторую тенденцию к завышению оптической плотности (табл. 2).

С увеличением концентрации нитрата в растворе вариабельность оптической плотности существенно снижалась – с 12-13 до 2-3%. При этом добавление хлорной кислоты также способствовало снижению колебания этого показателя при использовании разных экстрагентов.

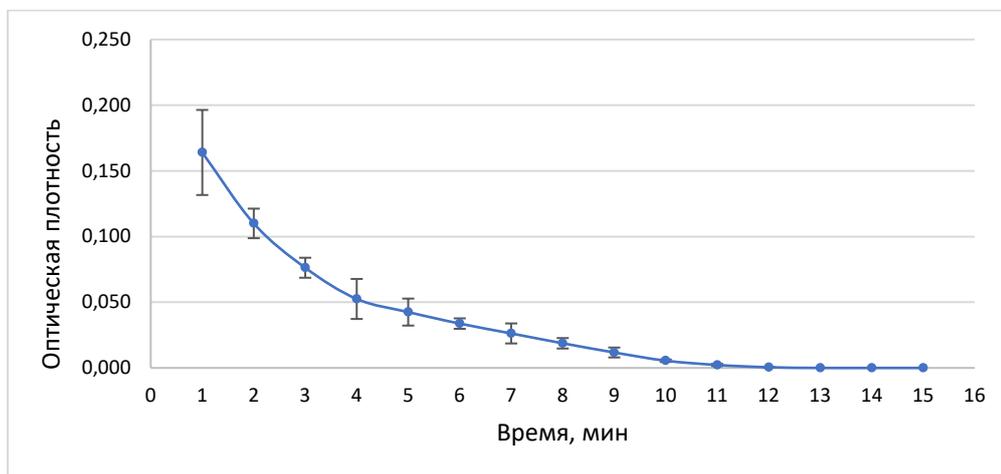


Рис. 1. Оптическая плотность раствора хлористого калия в зависимости от времени после прибавления хлорной кислоты (n=4)

2. Влияние различных солей и хлорной кислоты на оптическую плотность растворов

Экстрагент	Добавление хлорной кислоты	Содержание N-NO ₃ ⁻ , мг/л				
		0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
1 н. NaCl	Нет	0,020	0,045	0,085	0,135	0,180
1 н. KCl		0,020	0,040	0,090	0,135	0,180
0,02 н. CaCl ₂		0,025	0,050	0,095	0,145	0,198
\bar{x}		0,022	0,045	0,090	0,138	0,186
S		0,003	0,005	0,005	0,006	0,01
V%		13,3	11,1	5,6	4,2	5,6
1 н. NaCl	+HClO ₄	0,025	0,050	0,090	0,135	0,175
1 н. KCl		0,020	0,040	0,090	0,135	0,175
0,02 н. CaCl ₂		0,025	0,045	0,095	0,140	0,185
\bar{x}		0,023	0,045	0,092	0,137	0,178
S		0,003	0,005	0,003	0,003	0,006
V%		12,4	11,1	3,1	2,1	3,2

Для определения рабочего диапазона концентраций нитратного азота была приготовлена шкала образцовых растворов с максимально высоким содержанием азота. Установлено, что зависимость оптической плотности раствора от содержания в нем N-NO₃⁻ сохраняет линейность в широком диапазоне концентраций и позволяет, путем варьирования аликвоты почвенной вытяжки, проводить измерения при любом содержании нитратного азота в почве.

Максимальной концентрацией нитрат-иона в исследуемых растворах, при которой сохраняется линейность калибровочной прямой, можно считать 4 мг/л, что при аликвоте фильтрата 5 мл и ее разбавлении в 10 раз составляет 100 мг/кг в расчете на N-NO₃⁻. То есть, рабочий диапазон определяемых концентраций полностью перекрывает диапазон содержания нитратного азота в почве (рис. 2).

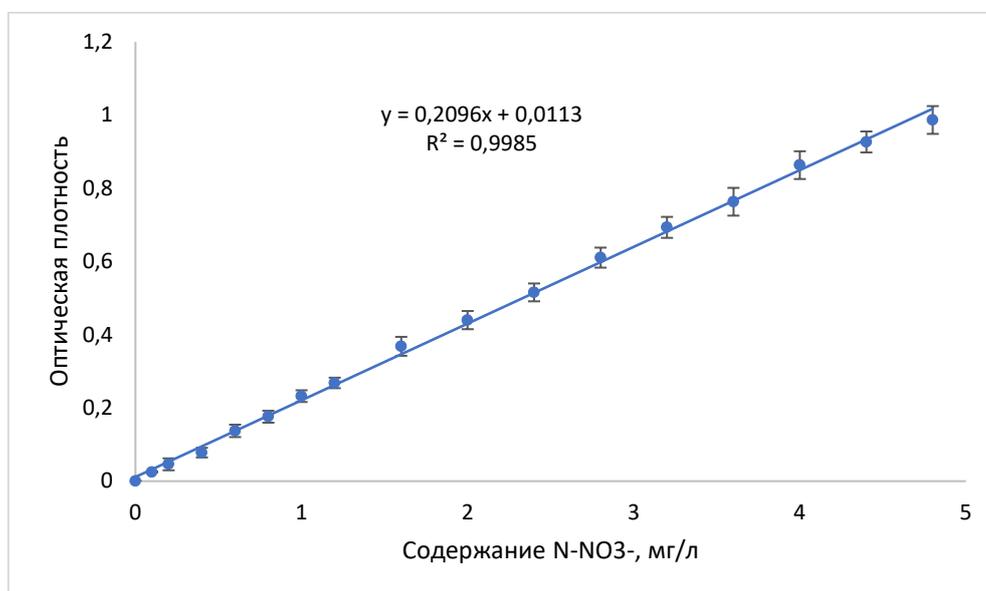


Рис. 2. Зависимость оптической плотности раствора от концентрации нитрат-иона (n=3)

Проведение дополнительных исследований показало, что после добавления хлорной кислоты происходит надежное консервирование растворов. Фотометрирование образцовых растворов с интервалом в 14 дней выявило, что оптические свойства растворов сохраняются в течение минимум 6 нед.

Таким образом, предварительные исследования показали, что фотометрическое определение нитрат-иона

возможно в широком диапазоне концентраций в присутствии избытка ионов K⁺, образующегося при приготовлении вытяжки 1 н. KCl. Мешающее действие калия полностью устраняется добавлением небольшого количества хлорной кислоты и непродолжительным отстаиванием растворов.

Для подтверждения гипотезы о применимости данного метода анализа для определения нитрата в почвен-

ных вытяжках был проведен анализ образцов дерново-подзолистых почв разных гранулометрического состава и степени окультуренности с содержанием нитратного азота 5,3-25,6 мг/кг.

Результаты анализов, полученные методом УФ-спектрофотометрии в вытяжке 1 н. KCl, сравнивали с результатами ионометрии с применением ионселективного электрода в вытяжке 1%-ного раствора $AlK(SO_4)_2$ (ГОСТ 26951-86).

Исследования показали, что оба метода дают очень схожие и сопоставимые результаты (табл. 3). Коэффициент парной линейной корреляции между результатами двух методов свидетельствует об очень высокой тесноте связи ($r=0,99$). Отклонение полученных разными методами результатов не превышают 15% относительно друг друга, что при нормативной погрешности ионометрического метода – 20-30% (20% при содержании нитрата >10 мг/кг и 30% при содержании нитрата < 10 мг/кг) можно считать статистически не значимыми различиями. Это позволило использовать его для определения разных форм минерального азота в одной навеске почвы в ходе лабораторных исследований [13-17].

3. Сравнение фотометрического и ионометрического методов определения нитратного азота в почве

Дерново-подзолистая почва	Содержание азота							
	Фотометрически (А)			Ионометрически (Б)			Отклонение А-Б	
	мг/кг	Дов. инт. +/-	V%	мг/кг	Дов. инт. +/-	V%	мг/кг	%
Легкосуглинистая	6,4	0,5	2,9	5,6	0,5	3,5	0,8	14,1
	12,5	0,8	2,5	11,2	0,4	1,3	1,4	12,2
	13,2	0,3	0,8	11,9	0,7	2,3	1,3	11,2
	23,2	1,8	3,2	20,8	3,9	7,5	2,4	11,5
Среднесуглинистая	2,5	0,2	2,4	2,3	0,1	1,3	0,2	9,7
	4,3	0,4	3,8	4,2	0,5	4,8	0,1	3,5
	10,9	0,6	2,0	9,5	2,0	8,5	1,4	14,4
	20,0	1,9	3,9	19,1	0,6	1,3	0,9	4,6
Тяжелосуглинистая	5,3	0,3	2,3	4,6	0,5	4,0	0,7	14,5
	8,7	0,7	3,1	8,3	0,7	3,5	0,3	3,8
	12,7	0,4	1,3	12,3	0,8	2,7	0,4	3,0
	25,6	0,9	1,5	27,6	0,9	1,3	-2,0	-7,3

Следует отметить, что фотометрический метод дает, как правило, несколько более высокие значения содержания нитрата в почве по сравнению с ионометрией. Однако, наблюдаемое отклонение не превышало 2,5 мг/кг, что не может существенно повлиять на интерпретацию данных. Относительное отклонение результатов фотометрического и ионометрического анализов снижалось с увеличением содержания азота в почве, а также с утяжелением ее гранулометрического состава, и составляло в среднем на легкосуглинистой почве 12%, среднесуглинистой – 8, на тяжелосуглинистой – 7% и на всех почвах было статистически не существенным.

Фотометрический метод давал более однородные результаты по повторностям, коэффициент вариации составлял 0,8-3,9%, в то время как при ионометрическом анализе коэффициент вариации изменялся в более широком диапазоне и составлял 1,3-8,5%.

Дальнейшее исследование применимости УФ-спектрофотометрии для анализа почвенных вытяжек проводили методом «введено-найдено». Для этого к полученным почвенным вытяжкам добавляли известные количества раствора $N-NO_3^-$ из расчета увеличения

содержания нитрата в почве на 2,5-20,0 мг/кг почвы (табл. 4).

4. Содержание нитратного азота в дерново-подзолистой почве

Исходное содержание азота, мг/кг	Введено азота, мг/кг (А)	Обнаружено внесенного азота, мг/кг (Б)	Дов. инт. +/-	V%	Отклонение (Б-А), мг/кг	Раскрытие добавки азота, %
<i>Легкосуглинистая почва</i>						
6,4	2,5	2,5	0,6	9,9	0,0	99
	5,0	5,3	0,8	6,2	0,3	106
	10,0	10,1	0,3	1,1	0,1	101
	20,0	19,5	1,4	2,9	-0,5	97
12,5	2,5	2,7	0,8	12,1	0,2	108
	5,0	4,9	1,3	10,8	-0,1	97
	10,0	9,5	1,4	5,9	-0,5	95
	20,0	17,6	2,5	5,6	-2,4	88
13,2	2,5	2,4	0,4	6,8	-0,1	95
	5,0	4,4	0,7	6,0	-0,6	89
	10,0	10,3	0,6	2,2	0,3	103
	20,0	17,4	0,7	1,5	-2,6	87
23,2	2,5	2,6	1,2	19,2	0,1	105
	5,0	5,0	0,8	6,2	0,0	99
	10,0	9,6	1,2	5,0	-0,4	96
	20,0	18,3	0,5	1,0	-1,7	91
<i>Среднесуглинистая почва</i>						
1,5	2,5	2,3	1,1	18,2	-0,2	94
	5,0	4,4	0,8	7,3	-0,6	89
	10,0	9,9	1,7	7,0	-0,1	99
	20,0	17,7	1,6	3,6	-2,3	88
4,3	2,5	1,8	0,5	11,8	-0,7	72
	5,0	4,0	0,2	1,5	-1,0	80
	10,0	8,7	1,9	9,1	-1,3	87
	20,0	19,1	1,9	4,1	-0,9	95
10,9	2,5	2,1	0,3	5,0	-0,4	85
	5,0	4,9	0,4	3,3	-0,1	99
	10,0	9,4	1,2	5,0	-0,6	94
	20,0	19,2	0,3	0,6	-0,8	96
20,0	2,5	2,6	0,6	9,5	0,1	104
	5,0	4,5	1,2	10,6	-0,5	91
	10,0	9,4	1,1	4,6	-0,6	94
	20,0	18,2	3,4	7,6	-1,8	91
<i>Тяжелосуглинистая почва</i>						
5,3	2,5	2,5	0,8	12,4	0,0	99
	5,0	4,9	0,8	6,9	-0,1	99
	10,0	10,2	0,6	2,4	0,2	102
	20,0	18,8	0,4	0,9	-1,2	94
8,7	2,5	3,0	0,5	6,2	0,5	119
	5,0	5,0	0,6	4,5	0,0	99
	10,0	9,6	0,7	2,8	-0,4	96
	20,0	19,7	1,2	2,4	-0,3	98
12,7	2,5	2,3	0,8	13,5	-0,2	91
	5,0	4,5	0,7	5,9	-0,5	90
	10,0	9,0	0,8	3,6	-1,0	90
	20,0	19,4	1,0	2,0	-0,6	97
25,6	2,5	2,3	0,4	7,1	-0,2	92
	5,0	4,6	0,5	4,7	-0,4	91
	10,0	9,2	0,9	4,1	-0,8	92
	20,0	18,3	1,3	2,9	-1,7	91

Исследование показало, что при дополнительном введении в анализируемые вытяжки малых количеств азота (2,5 мг/кг $N-NO_3^-$) результаты анализа были наименее точными. Степень рассеивания результатов трех параллельных определений была средней, с коэффициентом вариации 10-12%. Увеличение количества дополнительно внесенного азота до 5, 10 и 20 мг/кг обеспечивало получение более однородных результатов параллельных измерений ($V\% = 6,5; 4,4$ и $3,3$ соответственно).

При этом степень раскрытия дополнительно внесенного азота (2,5 мг/кг) варьировалась в диапазоне 89-102%, а доля анализов с полным раскрытием добавки составляла 83%. При добавлении к фильтрам нитратного азота из расчета 5 мг/кг доля полностью раскрытых

добавок возросла до 92% от общего числа наблюдений, а средняя степень раскрытия составила 94%.

Наиболее точные результаты анализа были при добавлении нитратного азота в количестве 10 мг/кг почвы. Доля анализов с полным раскрытием введенного количества достигла 100%, а средняя степень раскрытия возросла до 96%. Дальнейшее увеличение количества дополнительно внесенного азота до 20 мг/кг приводило к снижению коэффициента вариации до 3,3% и систематическому занижению количества обнаруженной добавки азота до 92% от внесенного.

Следует отметить, что точность анализа зависела также от гранулометрического состава почвы. Наиболее полное раскрытие добавок азота (+10 мг/кг) на уровне 99% наблюдалось в образцах легкосуглинистой почвы, утяжеление гранулометрического состава снижало этот показатель до 93%.

Заключение. Фотометрический метод определения нитратного азота дает сопоставимые с ионометрическим методом результаты, не уступает ему в точности и может быть применен для проведения оценки обеспеченности почв минеральными формами азота в одной навеске почвы в вытяжке 1 н. КСl. Оценка точности анализа методом «введено-найденно» показала, что метод обеспечивает удовлетворительные результаты в широком диапазоне концентраций нитратного азота в вытяжках.

Литература

1. Bastian R. [et al] Ultraviolet Spectrophotometric Determination of Nitrate...Application to Analysis of Alkaline Carbonates / R. Bastian, R. Weberling, F. Palilla // Analytical Chemistry. – 1957. – 29. – 1795-1797. DOI 10.1021/AC60132A038
2. Goldman E., Jacobs R. Determination of Nitrates by Ultraviolet Absorption / E. Goldman, R. Jacobs // Journal American Water Works Association. – 1961. – 53(2). – 187-191. DOI 10.1002/J.1551-8833.1961.TB00651.X
3. Armstrong F.A.J. Determination of Nitrate in Water Ultraviolet Spectrophotometry / F.A.J. Armstrong // Analytical Chemistry. – 1963. – 35(9). – 1292-1294. DOI 10.1021/ac60202a036
4. Slanina J. [et al] A fast determination of nitrate in rain and surface waters by means of UV spectrophotometry / J. Slanina, W.A. Lingerak, L. Bergman // Z. Anal. Chem. – 1976. – 280. – 365-368. DOI 10.1007/BF00439072
5. Assubaie F.N. Comparative Study of Methods used for the Determination of Nitrate and Nitrite Pollutants in Well, Ground Water and Soil in Al-Hassa Area, Saudi Arabia / F.N. Assubaie // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2004. – 7(4). – 508-513. DOI 10.3923/pjbs.2004.508.513

6. Collos Y. [et al] An optical method for the rapid measurement of micromolar concentrations of nitrate in marine phytoplankton cultures / Y. Collos, F. Mornet, A. Sciandra, N. Waser, A. Larson, P. Harrison // Journal of Applied Phycology. – 1999. – 11. – 179-184. DOI 10.1023/A:1008046023487.
7. Tarafder P.K., Roychowdhury S.A. Novel Method for the Extraction Spectrophotometric Determination of Nitrate and Nitrite in Water, Waste Water and Effluent / P.K. Tarafder P.K., S.A. Roychowdhury // Int J Anal Bioanal Tech: AABST-102. – 2018. DOI 10.29011/AABST-102. 100002.
8. Алукер Н. Л. Спектрофотометрическое исследование солей нитратов и нитритов и их водных растворов / Н.Л. Алукер, М.Е. Herrmann, Я.М. Суздальцева // Оптика и спектроскопия. – 2019. – Т. 127. – № 12. – С. 906-911. – DOI 10.21883/OS.2019.12.48684.95-19. – EDN BYFLGW.
9. Борисова, Н.И. Спектрофотометрический метод определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1968. – №8 – С. 148-153.
10. Ступакова Г.А. Выявление корреляционной зависимости между показателями плодородия в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Е.Э. Игнатьева, Е.Ю. Ветрова // Плодородие. – 2022. – № 4(127). – С. 45-49. – DOI 10.25680/S19948603.2022.127.13. – EDN CHDUFZ.
11. Ступакова Г.А. Оценка тесноты связи валовых содержаний элементов в стандартных образцах дерново-подзолистой почвы / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Е.Э. Игнатьева [и др.] // Плодородие. – 2023. – № 4(133). – С. 41-45. – DOI 10.25680/S19948603.2023.133.10. – EDN PZCXYG.
12. Ступакова Г.А. Вариабельность содержания показателей плодородия в стандартных образцах разных типов почв / Г.А. Ступакова, А.А. Лапушкина, Т.И. Щиплецова [и др.] // Плодородие. – 2022. – № 5(128). – С. 11-16. – DOI 10.25680/S19948603.2022.128.03. – EDN QAISQJ.
13. Смирнов П.М. Влияние почвенного плодородия на газообразные потери азота почвы и удобрения / П.М. Смирнов, В.В. Кидин, С.П. Торшин // Почвоведение. – 1981. – № 11. – С. 3-12. – EDN WLIIDR.
14. Кидин В.В. Газообразные потери азота при совместном использовании аммиачной селитры и растительных остатков / В.В. Кидин, А.М. Петрова, С.П. Торшин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1989. – № 6. – С. 27-34. – EDN ZIFDGH.
15. Лапушкин В.М. Использование яровой пшеницей азота капсулированной мочевины / В.М. Лапушкин, М.А. Волкова, А.А. Лапушкина // Плодородие. – 2023. – № 6(135). – С. 15-19. – DOI 10.25680/S19948603.2023.135.04. – EDN KNDDOX.
16. Лапушкин В.М. Эффективность новых форм НРК-удобрений с замедленным и регулируемым высвобождением питательных веществ при выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве / В.М. Лапушкин, Ф.Г. Игналиев, А.А. Лапушкина [и др.] // Агрохимия. – 2023. – № 2. – С. 29-35. – DOI 10.31857/S0002188123020096. – EDN MSXFNF.
17. Lapushkin V.M. Effect of coated urea and NPK-fertilizers on spring wheat yield and nitrogen use efficiency / V.M. Lapushkin, A.A. Lapushkina, S.P. Torshin // Brazilian Journal of Biology. – 2024. – Vol. 84. – DOI 10.1590/1519-6984.279269. – EDN CIFYZQ.

UV-SPECTROPHOTOMETRIC METHOD FOR NITRATE DETERMINING IN SOIL

V.M. Lapushkin, Ph.D.

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev agricultural academy,
All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov
Timiryazevskaya str. 49, Moscow, 127434, Russia, e-mail: lapushkin@rgau-msha.ru

The article presents the results of laboratory studies of the possibility of determining the content of nitrate nitrogen by the spectrophotometric method at a wavelength of 220 nm in relation to soil extracts of 1 N KCl. The studies have shown that the spectrophotometric and ionometric methods give similar and comparable results, and the deviation of the results obtained by different methods is statistically insignificant. An assessment of the accuracy of photometric analysis by the "introduced-found" method showed a systematic underestimation of the results by 3-9% on soils of different granulometric composition. The technique of the spectrophotometric method is described, which is simple in implementation and can be used to determine the content of nitrate nitrogen in one soil sample when processed with a group extractant of 1 N KCl.

Keywords: nitrate, spectrophotometry, ultraviolet, ionometry, nitrogen, soil diagnostics, agrochemical soil analysis.