

6. Микроэлементный состав растениеводческой продукции и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23–24.

7. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шпаков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.

8. Эффективность применения новых хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 151–160.

9. Гайсин, И.А. Применение хелатных форм микроудобрений (ЖУСС) / И.А. Гайсин // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. – 2003. – № 3. – С. 53–56.

10. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

EFFICIENCY OF COBALT FERTILIZERS IN SUMMER BARLEY CULTIVATION ON A SANDY SOIL WITH DIFFERENT COBALT SUPPLY LEVELS

M.V. Rak, E.N. Pukalova, V.A. Savitskaya, L.N. Guk

Summary

The optimum parameters of nutrition barley with cobalt depending on the supply levels of a sod-podzolic sandy soil with this element which enhance the productivity and the cobalt content in the grain are given.

Поступила 27.11.2015

УДК 631.445:631.82

ЭКСПРЕСС–СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

Н.Н. Семеновко,
*Институт мелиорации,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Азот является ведущим элементом в почвообразовании и земледелии. Совместно с углеродом он составляет основу органического вещества, а его содержание в почве – важнейший показатель ее плодородия. Азотный фонд пахотного слоя торфяных почв представлен преимущественно органическими соединениями,

азот которых становится доступным растениям в результате биологической минерализации органического вещества – процессов аммонификации и нитрификации [1–4]. Объемы и интенсивность этих процессов, а, следовательно, и размеры накопления минеральных соединений азота в почве находятся в тесной связи с состоянием ряда условий внешней среды: наличие в почве и состава органического вещества, температуры, влажности и др.

В почве протекают одновременно два противоположных процесса – образование (синтез) и минерализация (распад) органических соединений с выделением углекислоты и соединений азота. В торфяных почвах после удаления избыточной влаги и в результате сельскохозяйственного использования процесс минерализации органического вещества преобладает над его образованием и проходит постоянно. В результате чего со временем на месте торфяных образуются комплексы, включающие агроторфяные, торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные почвы, плодородие и величина аммонифицирующей, нитрифицирующей и в целом азотминерализующей способности (АМС) которых различаются.

Проблема оценки интенсивности процесса минерализации органических соединений торфа и потенциальной азотминерализующей способности торфяных почв разных стадий эволюции имеет важное научное и практическое значение с двух точек зрения. С одной стороны – разработка приемов замедляющих интенсивность этого процесса, который способствует сохранению плодородия почв на более длительный период, а с другой – высвобождаемый в результате минерализации органических соединений азот аммония и нитратов является источником азотного питания растений и загрязнения грунтовых вод. В связи, с чем показатель потенциальной азотминерализующей способности торфяных почв разных стадий эволюции можно использовать при их диагностике, оценке почвообразовательного процесса, плодородия и экологического состояния, а также для разработки более эффективной системы удобрений сельскохозяйственных культур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки биологической азотминерализующей способности органических соединений почв и прогноза обеспеченности растений азотом судят по их нитрифицирующей [5–9] или суммарной аммонифицирующей и нитрифицирующей – азотминерализующей способности (АМС) почв [10, 11]. При определении нитрифицирующей и аммонифицирующей способности почва компостируется при влажности 60–70% от полной влагоемкости и температуре +26–28 °С с последующим определением содержания в ней нитратного, аммонийного или суммы нитратного и аммонийного азота. Способ оценки азотминерализующей способности почв по В.Н. Башкину и В.Н. Кудеярову [10], позволяет более объективно судить о качественных и количественных изменениях минеральных и органических соединений азота почвы. Однако следует обратить внимание на следующее: все приведенные выше биологические способы предложены для определения нитрифицирующей или азотминерализующей способности минеральных почв. Применение этих способов для определения азотминерализующей способности торфяных, более богатых органическим веществом почв, не представляется

возможным. Кроме того эти способы отличаются длительностью проведения анализа, что ведет к увеличению затрат энергии, времени и финансов. Как показывают результаты наших исследований для этих почв период компостирования 14 суток недостаточен (табл. 1), [12] и др. Для более полного высвобождения азота из органических соединений требуется не менее 45 суток. Это длительный и затратный процесс.

Таблица 1

Динамика трансформации азота органических соединений торфяных почв разных стадий эволюции, мг/кг почвы

Почвы	ОВ, %	Нитрифицирующая способность (N-NO ₃)				Аммонифицирующая способность (N-NH ₄)				Азотминерализующая способность (сумма N-NO ₃ + N-NH ₄)			
		Экспозиция, сутки											
		1*)	15	30	45	1*)	15	30	45	1*)	15	30	45
1. Торфяные неосушенные	83,7	131	168	292	337	38	209	223	87	169	377	515	424
2. Агроторфяные	82,5	170	241	259	300	56	18	15	22	226	259	274	322
3. Агроторфяные	67,2	104	257	280	317	36	13	12	21	140	270	292	338
4. Агроторфяно-минеральные	39,8	82	256	290	295	15	11	15	17	97	267	305	312
5. Минеральные остаточно-торфяные	19,8	50	151	188	252	14	10	13	18	64	161	201	270
6. Минеральные остаточно-торфяные	15,1	38	45	100	155	14	13	13	17	52	58	113	172
7. Минеральные остаточно-торфяные	10,8	37	55	93	121	7	10	12	20	44	65	105	141
8. Минеральные постторфяные	4,8	16	27	56	101	16	12	15	17	32	39	71	118

1*) – содержание на начало опыта.

С целью повышения производительности труда и точности измерений, снижения энергетических и финансовых затрат предлагается химический способ определения азотминерализующей способности торфяных почв, включающий взятие навески пробы почвы, приготовление раствора гидроксида калия в качестве экстрагента, получение гидролизата из суспензии при соотношении почва : экстрагирующий раствор 1:20 и настаивание в течение $18 \pm 0,5$ часов при температуре $+27^\circ\text{C}$ в присутствии восстановителя нитратов сплава Деварда или цинковой пыли в количестве около 0,5 г, добавление по 10 см³ 15%-ного раствора сернокислого алюминия в 0,5 М H₂SO₄, отфильтровывание суспензии, измерение концентрации аммонийного азота в фильтрате с использованием фотометрического метода при длине волны фильтра 670 нм и обработку результатов с помощью персонального компьютера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований был разработан химический экспресс-способ определения азотминерализующей способности торфяных почв разных стадий эволюции.

1. Отбор проб почвы для анализа

Пробу на анализ из коробки отбирают ложкой или шпателем, предварительно тщательно перемешав почву на всю глубину коробки. Из пакетов почву высыпают на ровную поверхность, перемешивают, распределяют слоем толщиной не более 1 см и отбирают пробу не менее, чем из пяти мест. Масса пробы 5 г.

2. Аппаратура, материалы и реактивы

Фотоэлектроколориметр.

Весы технические квадратные ВЛТК–500.

Термостат.

Кассеты десятипозиционные с банками бытовыми (ГОСТ 5717–82) или другие емкости из материала, устойчивого к действию применяемых реактивов.

Дозаторы на 50, 10, 5 и 2 см³ с погрешностью дозирования не более 1%.

Колбы конические вместимостью 100 см³ (ГОСТ 25336–82).

Фильтры из бумаги (ГОСТ 12026–76) или другие, проверенные на присутствие аммония.

Фильтровальные установки десятипозиционные.

Бытовые банки вместимостью 200 см³ (ГОСТ 5717–82) или другие технические емкости.

Мерные колбы на 250, 1000, 2000 см³, бюретки на 50 см³ (ГОСТ 1770–74).

Аммоний серноокислый (ГОСТ 3769–78), х. ч.

Калия гидроксид (ГОСТ 4328–77), ч. д. а.

Натрия гидроксид (ГОСТ 24363–80), х. ч.

Натрий салициловоокислый (ГОСТ 17628–72).

Натрий нитропруссид (ГОСТ 4218–48), ч. д. а.

Калий–натрий виннокислый (ГОСТ 5845–79), ч. д. а.

Известь хлорная техническая (ГОСТ 1692–85).

Натрий углекислый безводный (ГОСТ 4201–79), х. ч.

Кислота серная (ГОСТ 4204–77), х. ч.

Кислота соляная (ГОСТ 3118–77, уд. масса 1,19), х. ч.

Алюминий серноокислый (ГОСТ 3758–75), ч.

Калий йодистый (ГОСТ 4232–74), х. ч.

Натрий серноватистоокислый, 5–водный (фиксанал), (ГОСТ 27068–86), ч. д. а.

Сплав Девадатонкорастертый (ТУ 6–09–3671–85), ч. д. а.

Цинковая пыль (ГОСТ 12601–76), ч. д. а.

Вода дистиллированная (ГОСТ 6709–72), проверенная на присутствие аммония.

3. Подготовка к анализу

3.1. *Приготовление экстрагирующего раствора* – 0,2 М раствор гидрата оксида калия: 11,2 г КОН растворяют в 1000 см³ дистиллированной воды. Молярность раствора проверяют по 0,1 М HCl (фиксанал). Допуска-

ется использовать раствор с концентрацией гидрата окиси калия от 0,19 до 0,21 моль/дм³.

3.2. *Приготовление запасных и рабочих растворов окрашивающего реактива и гипохлорита натрия проводят аналогично как и при определении содержания в почвах аммонийного азота* [13], (п.п. 4.2.1–4.2.5).

3.3. *Приготовление 15%-ного раствора сернокислого алюминия в 0,5 М серной кислоте*: 28 см³ серной кислоты (плотность 1,84) растворяют в дистиллированной воде, добавляют 150 г сернокислого алюминия и общий объем раствора доводят до 1000 см³. Растворение происходит при подогревании. Раствор хранят до 1 месяца.

3.4. *Приготовление исходного образцового раствора*: 0,471 г сернокислого аммония перекристаллизованного и высушенного при температуре 100–105 °С до постоянной массы, взвешивают с погрешностью 0,01 г и растворяют в 1000 см³ 0,2 М гидрата оксида калия. Полученный раствор используют для приготовления растворов сравнения. В 1 см³ раствора содержится 0,1 мг аммонийного азота.

3.4.1. *Приготовление рабочей шкалы образцовых растворов*: в мерные колбы вместимостью 250 см³ помещают из бюретки, указанные в таблице 2 объемы раствора, приготовленного по п. 3.4. Объемы растворов доводят до метки 0,2 М раствором гидрата окиси калия и тщательно перемешивают.

Таблица 2

**Приготовление рабочей шкалы образцовых растворов
для определения азота аммония**

Показатель	Номер раствора сравнения						
	1	2	3	4	5	6	7
Объем исходного образцового раствора, приготовленного по п. 3.6, см ³	0 ^{*)}	5	10	20	40	60	80
Концентрация азота аммония: в растворе сравнения, мг/дм ³ ; в пересчете на почву, мг/кг	0	2	4	8	16	24	32
	0	44	88	176	352	528	704

^{*)} – холостое определение, приливают 0,2 М КОН.

Растворы сравнения используют для градуировки фотоэлектроколориметра в день проведения анализа. Окрашивание растворов сравнения проводят аналогично окрашиванию анализируемых вытяжек и одновременно с ними.

4. Получение вытяжки из почвы

Пробы воздушно-сухой почвы массой 5 г, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, переносят в конические колбы вместимостью 200 см³, установленные в десятипозиционные кассеты. К пробам дозатором или мерным цилиндром приливают по 100 см³ экстрагирующего раствора 0,2 М гидрата окиси калия, добавляют около 0,5 г тонко растертого сплава Декарда или цинковой пыли. Почву с экстрагирующим раствором взбалтывают 3 мин и оставляют настаиваться на 18 ± 0,5 ч в термостате при температуре 27 ± 1 °С.

По истечении указанного срока для получения прозрачных фильтратов вытяжек в колбы добавляют по 10 см³ 15%-ного раствора сернокислого алюми-

ния в 0,5 М H_2SO_4 . Содержимое колб перемешивают и оставляют стоять на 15–20 мин. Затем суспензию фильтруют через бумажные фильтры, проверенные на присутствие аммония. Одновременно проводят двукратное холостое определение с добавлением всех реактивов.

5. Проведение анализа

Из полученной вытяжки (по разделу 4) и растворов сравнения отбирают дозатором по 5 см³ и переносят в бытовые банки или другие емкости, установленные в 10–позиционные кассеты. Добавляют к ним по 43 см³ рабочего окрашивающего реактива и по 2 см³ 0,2%-ного раствора гипохлорита натрия. После каждого добавления реагентов растворы перемешивают. Окрашенные растворы фотокolorиметрируют не ранее чем через 1 час в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 10 мм при длине волны 670 нм (красный светофильтр). Устойчивое окрашивание растворов сохраняется в течение 2,5 ч после прибавления раствора гипохлорита натрия. Температура в помещении, где проводят аналитические работы, должна быть не ниже 18°С. Растворы сравнения фотометрируют в тех же кюветах, что и растворы анализируемых вытяжек.

Допускается пропорциональное изменение объемов проб анализируемых вытяжек, растворов сравнения и растворов реагентов при погрешности дозирования не более 1%.

6. Обработка результатов

По результатам фотометрирования растворов сравнения массовую долю азота аммония в анализируемой почве определяют с помощью персонального компьютера путем расчета зависимости показаний прибора (оптическая плотность растворов) от концентрации определяемых стандартных растворов азота, описываемой соответствующим уравнением регрессии:

$$y = ax \pm b,$$

где y – содержание аммонийного азота, мг на 1 кг почвы; x – величина отсчета на приборе оптической плотности испытуемых растворов; « a » и « b » – параметры линейного уравнения, устанавливаемые компьютером.

Для этого в программе EXCEL строится точечная диаграмма. В электронную таблицу заносятся данные по оси « x » – показания прибора оптической плотности исследуемых стандартных растворов, из которых предварительно вычитают результат холостого опыта, а по оси « y » – соответствующее им содержание (концентрация) азота в почве, мг/кг (табл. 2). Затем к полученной кривой добавляют линию тренда, определяют уравнение регрессии и величину достоверности аппроксимации (R^2). Для определения содержания азота в почве в полученное уравнение вместо « x » подставляют значения показаний прибора оптической плотности испытуемых растворов, из которых также предварительно вычитают результат холостого опыта. Применимость уравнения для определения содержания аммонийного азота в исследуемых почвах в пределах от 1 до 600 мг/кг почвы при $R^2 \geq 0,8$. Допускаемое отклонение от среднего арифметического при повторных анализах проб составляет не более 10%. Примеры расчета результатов определения азотминерализующей способности торфяных почв приведены в таблице 3.

**Примеры расчета азотминерализующей способности торфяных почв
разных стадий эволюции**

№ п/п	Почва	Содержание органического вещества, %	Оптическая плотность раствора (отсчет на приборе)	Содержание азота в почве, мг/кг
1	Торфяная неосушенная	83,7	1,803	416
2	Торфяная осушенная, 50 лет в культуре, пашня (бывший среднеторфяный торфяник)	82,5	1,482	359
3	Торфяно-минеральная, 50 лет в культуре, пашня (бывший маломощный торфяник)	39,8	1,128	295
4	Минеральная остаточно-торфяная, пашня, в культуре 48 лет (бывший маломощный торфяник)	19,7	0,909	226
5	Минеральная остаточно-торфяная, пашня, в культуре 45 лет (бывшая торфяно-глеевая)	10,8	0,438	115
6	Минеральная постторфяная, пашня, в культуре 45 лет (бывшая торфянисто-глееватая)	4,8	0,357	96

Приведенные в таблице 4 результаты исследований показывают, что торфяные почвы разных стадий эволюции (содержание ОВ колеблется в пределах 83,7–4,8%) существенно различаются по уровню потенциальной азотминерализующей способности (АМС). С уменьшением содержания в почвах органического вещества закономерно ($R^2 = 0,91$) снижается и их азотминерализующая способность. Если АМС торфяно-болотных почв составляет более 400, агроторфяных – более 300, то в минеральных постторфяных с содержанием ОВ 4,8% этот показатель достигает лишь уровня 96–118 мг/кг почвы.

Из приведенных в таблице 4 данных видно, что для определения потенциала АМС торфяных почв по биологическому способу экспозиция компостирования почвы в течение 15 суток недостаточно. По всем почвам более высокий уровень потенциала азотминерализующей способности торфяных почв достигается при их компостировании в течение 45 суток.

Особо следует отметить, что при заданных условиях проведения анализа результаты определения АМС почв биологическим и химическим способами практически совпадают. Средняя суммарная погрешность отклонения от средних значений определений по этим способам составляет менее 5%, а по отдельным почвам – не более 10%. Установлена тесная связь ($R^2 = 0,98$) между результатами определения азотминерализующей способности торфяных почв, выполненных по биологическому (экспозиция инкубации 45 суток) и предлагаемому химическому способу (в течение 1 суток). Приведенные результаты сравнения убедительно доказывают на возможность использования предлагаемого химического способа определения азотминерализующей способности торфяных почв.

Таблица 4

Сравнительная характеристика азотминерализующей способности торфяных почв разных стадий эволюции, определяемой разными способами, мг/кг почвы

Почвы	ОВ, %	Способы определения		
		биологический		химический
		Экспозиция проведения анализа, сутки ^{х)}		
		15 ^{*)}	45 ^{**)}	1 ^{***)}
1. Торфяные неосушенные	83,7	377	424	416
2. Агроторфяные	82,5	259	342	359
3. Агроторфяные	67,2	270	338	365
4. Агроторфяно-минеральные	39,8	267	312	295
5. Минеральные остаточно-торфяные	19,8	161	270	226
6. Минеральные остаточно-торфяные	15,1	58	172	186
7. Минеральные остаточно-торфяные	10,8	65	141	115
8. Минеральные постторфяные	4,8	39	118	96
Среднее	х	187	265	257

^{х)} – срок экспозиции, сутки: 15^{*)} – прототип, 45^{**)} – необходимый, 1^{***)} – предлагаемый способ.

Для практического использования результатов определения потенциальной азотминерализующей способности агроторфяных почв разных стадий эволюции предлагаются ориентировочные признаки их биологической активности (табл. 5)

Таблица 5

Ориентировочные диагностические признаки биологической активности агроторфяных почв разных стадий эволюции (слой 0–20 см)

Почвы	Степень биологической активности почв	Азотминерализующая способность,	
		N мин, мг/кг почвы	%
Агроторфяные (ОВ более 50%)	Высокая	301–400	100
Агроторфяно-минеральные (ОВ 50–20%)	Повышенная	241–300	61–80
Минеральные остаточно-торфяные (ОВ 19–5%)	Средняя	151–240	41–60
Минеральные постторфяные (ОВ менее 5%)	Низкая	120–150	20–40

ВЫВОДЫ

В сравнении с базовым биологическим по предлагаемому химическому экспресс-способу определения азотминерализующей способности торфяных почв время проведения анализа сокращается с 45 до одних суток, а также многократно снижаются энергетические и экономические затраты. При этом результаты определения АМС почв биологическим и химическим способами практически совпа-

дают. Средняя по выборке суммарная погрешность отклонения от средних значений определений по этим способам составляет менее 5%, только по некоторым почвам – не более 10%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мееровский, А.С.* Азотный режим окультуренных торфяно-болотных почвах / А.С. Мееровский // Проблема азота и урожая на Полесье. – Киев: Урожай, 1967. – С. 106–112.
2. *Царенко, В.П.* Азот в торфяных почвах и его трансформация: автореф. дис. ...доктора с.-х. наук / В.П. Царенко. – СПб., 1992. – 38 с.
3. *Семененко, Н.Н.* Агрогенная эволюция фракционного состава азота торфяных почв / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич // Земляробства I аховараслін. – № 6. – 2011. – С. 36–40.
4. *Семененко, Н.Н.* Модели прогноза трансформации фракционного состава азота торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич // Мелиорация. – 2011. – №1(65). – С. 122–130.
5. *Кравков, С.Н.* Курс общего земледелия. Т. 1. Агрономическое почвоведение / С.Н. Кравков. – Ленинград: Изд-во сельхоз. литературы, 1931. – 332 с.
6. *Александрова, Л.Н.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / Л.Н. Александрова, О.А.Найденова. – Л.: Изд-во Колос, 1967. – 351 с.
7. *Андреева, Д.М.* Нитрифицирующая способность почв и эффективность азотных удобрений / Д.М. Андреева // Доклады научного совета по проблемам почвоведения и агрохимии. – Минск: Ураджай, 1974. – С. 18–23.
8. *Королева, И.Е.* Химические и инкубационные методы прогнозирования эффективности азотных удобрений / И.Е. Королева // Круговорот и баланс азота в системе почва–удобрение–растение–вода. – М.: Наука, 1979. – С. 182–185.
9. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учеб. пособие / М.В. Новицкий [и др.] – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.
10. Способ определения азотминерализующей способности почв: пат. СССР, G 01 N33/24 / В.Н. Башкин, В.Н. Кудеяров; заявитель Ин-т почвоведения и фотосинтеза АН СССР. – 3613730/30–15; заявл. 04.07.83; опубл. 23.01.86 // Официальный бюл. / Всесоюзный научно-исследовательский институт патентной информации. – 1986. – № 3. – С. 173.
11. *Семененко, Н.Н.* Азот в земледелии Беларуси. / Н.Н. Семененко, В.Н. Невмержицкий. Минск: Бел. Изд. Тов-во «Хата». – 1997. –195 с.
12. *Семененко, Н.Н.* Азотминерализующая способность торфяных почв и её эволюция под влиянием длительного антропогенного воздействия / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич // Мелиорация. – 2012. – № 1(67). – С. 135–143.
13. *Семененко, Н.Н.* Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н.Н. Семененко, В.А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.

EXPRESS–METHOD OF DETERMINING NITROGEN MINERALIZATION ABILITY OF PEAT SOILS**N.N. Semenenko****Summary**

Method for determining nitrogen mineralization ability of peat soils is based on carrying out hydrolysis for $18 \pm 0,5$ hours at temperature of $+27$ °C in the presence of a restoring agent nitrates alloy Devarda or zinc dust mineral and organic compounds of nitrogen with as extractant solution of 0,2 M KOH at a ratio of soil: solution 1:20, measuring the concentration of ammonium nitrogen in the filtrate using photometer and processing results of the analysis by a personal computer.

Поступила 04.09.2015

УДК 631.847.21:633.1

**АЗОСПИРИЛЛЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗЛАКОВЫЕ КУЛЬТУРЫ
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)****Н.А. Михайловская***Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

Свойства *Azospirillum* spp и их перспективность в качестве действующего агента бактериальных удобрений. Азоспириллы – граммотрицательные азотфиксирующие ризобактерии, выделенные впервые Бейеринком [1], привлекли большое внимание исследователей благодаря оригинальным работам Dobereiner, Day [2], Yoshida, Ancajas [3], Balandreau, Willemain [4], Dommerques, Balandreau et al. [5], Dobereiner et al. [6], Dobereiner, Day, Dart [7]. Эти работы продемонстрировали широкое распространение *Azospirillum* spp и высокий уровень нитрогеназной активности в ассоциациях со злаковыми культурами и положили начало активному развитию исследований по ассоциативной азотфиксации.

Все ассоциативные diaзотрофы способны расти на агаровых средах, не содержащих азота, они имеют механизмы защиты от кислорода – выделение слизи, которая препятствует диффузии кислорода в среде, либо сжигание кислорода респираторным путем [8, 9]. Максимальный уровень ассоциативной азотфиксации фиксируется обычно при низком парциальном давлении кислорода. Учитывая этот факт, Dobereiner, Day [2] разработали полужидкую среду для изоляции азотфиксирующих бактерий с корней растений и из ризосферной почвы. Эта надежная техника привела к открытию двух разновидностей азоспирилл – *Azospirillum brasilense* и *Azospirillum lipoferum* [2, 10]. Впоследствии были открыты еще несколько разновидностей – *A. amazonense*, *A. halopraeferanse*, *A. irakens* и др.

Некоторое время азоспириллы считались специфичными представителями почв тропического и субтропического регионов [2, 11, 12–14], однако уже в 1978