

УДОБРЕНИЕ ПОЧВЫ КАК АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИКСАЦИИ АЗОТА

©Мустафаев З. Х., канд. с.-х. наук, Институт почвоведения и агрохимии НАНА,
г. Баку, Азербайджан, zahid.mustafayev67@mail.ru

SOIL FERTILIZER AS AN ANTHROPOGENIC FACTOR OF THE INCREASE POTENTIAL IN BIOLOGICAL FIXATION OF NITROGEN

©Mustafayev Z., Ph.D., Institute of Soil Science and Agrochemistry of ANAS,
Baku, Azerbaijan, zahid.mustafayev67@mail.ru

Аннотация. Применение минеральных удобрений считается основным путем обеспечения азотом сельскохозяйственных культур. Однако, из-за энергетического кризиса и дороговизны азотных удобрений, последние не всегда могут полностью удовлетворить потребность растений в азоте. В связи с этим большое значение имеет биологический азот. Использование биологического азота создает благоприятный фон для земледелия и позволяет более экономно расходовать минеральные азотные удобрения.

Abstract. An application of mineral fertilizers is considered the main method of provision of agriculture plants with nitrogen. However, the plant need for nitrogen can't be always wholly satisfied because of the energetic crisis and expensiveness of nitrogen fertilizers. In this regard, biological nitrogen is of great importance. Use of the biological nitrogen creates a favorable background for agriculture and allows to spend economically mineral fertilizers.

Ключевые слова: удобрение, микроорганизмы, азотфиксация, нитрогенозы.

Keywords: fertilizer, microorganism, nitrogen fixation, nitrogenous.

Введение

Управление процессом азотфиксации имеет особенно большое значение в условиях адаптивного земледелия, так как дает возможность успешно решать основную задачу — получение необходимого количества высококачественной продукции при экономном расходовании природных ресурсов (питательных веществ почвы, энергии, воды и пр.). С этой точки зрения будут рассмотрены некоторые результаты наших исследований. В связи с обнаружением в корневой зоне ряда сельскохозяйственных культур при разных системах удобрения заметных колебаний в численности аэробных и анаэробных диазотрофов было важно определить закономерности функционирования нитрогеназного комплекса [6].

Установлено, что система удобрения оказывает существенное влияние на нитрогеназную активность бактерий ризосфера. Для разных сельскохозяйственных культур была характерна различная амплитуда колебаний величины нитрогеназной активности. Как правило, величина нитрогеназной активности изменялась в связи с различным физиологическим состоянием растений. Она достигала максимума при активном росте

сельскохозяйственных культур: в период колошения озимой пшеницы и цветения кукурузы [7].

Расположение района исследования, краткая географическая характеристика

Объектом исследования стали: серо-коричневые (каштановые) почвы Гянджа-Газахской наклонной равнины, расположенная от предгорной зоны северо-восточного склона Малого Кавказа до правого побережья р. Кура, граничащей на западе р. Инджасу и Арменией, на юге Шахдаг и Муровдагскими хребтами, на востоке протягиваясь до долины Гарачай, включая в себя отличающиеся по своим геологическим и геоморфологическим свойствам административные районы Газахский, Акстафинский, Таузский, Кедабекский, Шамкирский, Дашкесанский, Самурский, Геранбайский и Гейгельский [1].

Северо-восточный склон Малого Кавказа представлен кристаллическими известняками, осадочными породами и мергелями, элювии и делювии которых широко распространены в бассейне рек Гянджачай, Шамкирчай, Гошгарчая-Газах и Таузского районов, а также Аггильджачая Кедабекского района (Рисунок).



Рисунок. Географическое расположение Гянджа-Газахской наклонной равнины Азербайджана.

На территории распространены вулканические и осадочные породы юрского периода мезозоя, а также отложения третичного и четвертичного периодов кайнозоя [2].

Шихлинский Э. М. [3] по климатическому районированию на северо-восточном склоне Малого Кавказа выделил 3 климатического пояса (субальпийский, горно-лесной и сухостепной).

Начиная с высоты 400–500 м на каждые 100 м происходит понижение суммарной радиации на 0,8 ккал /см², а радиационный баланс понижается на 1 ккал/см².

В зоне сухих степей годовое значение радиационного баланса составляет 45,3–49,7 ккал см² в среднегорьях лесной зоны 39,0–40,0 ккал/см² [3].

На предгорных равнинах среднегодовая температура воздуха составляет 12–13 °С, постепенно уменьшаясь с увеличением гипсометрического уровня и в зависимости от экспозиций и уклона склонов, на низко- и среднегорьях изменяется от 11–13 °С.

В питании рек участвуют снеговые, дождевые, подземные и воды источников. Годовое

питание водами источниками составляет 45–46%, снеговое и ледниковое питание 35–36%, дождевое питание 14–18%, которые в течение года распределены крайне неравномерно.

Наибольший объем стока 50–75% приходится на весенне–летние (март–июнь), а наименьшее (10–15%) в зимние периоды [4].

Почвенный покров Малого Кавказа, классификация и систематика почв подробно описана в работах Салаева М. М. [5], где автор указывает на повсеместное распространение на Малом Кавказе высокоглинистых элювий материнской породы, в соответствии специфичностью гидротермической системы

Методы исследования

Исследования проводились в период 2017–2018 гг. Нитрогенезную активность почвенных проб определяли по методу Т. А. Калининской [9]. Для анализа проб отбирали почвы массой 5 г. Пробу помещали в стеклянные пенициллиновые флаконы объемом 10 мл, увлажняли ее до 60% полной влагоемкости. Флаконы герметично закрывали резиновые пробками, которые закрепляли специальными и металлическими зажимами. Из флаконов дважды откачивали вакуумным насосом воздух и заполнили их аргоном. Затем шприцем вносили ацетилен в количестве 10% объема газовой фазы. Пробы инкубировали при 28 °С в темноте.

Нитрогенезную активность определяли через 1, 2, 3 и 5 суток по образованию этилена, которой анализировали газохроматографическим методом. Количество этилена измеряли на газовом хроматографе «Хром-4» с пламенно ионизационным детектором на колонке длиной 1,2 м и диаметром 6 мм, заполненной силикагелем АСК (60–80 меш). Температура колонки составляла 50 °С, температура испарителя — 100 °С. Скорость газа–носителя аргоне составляла 30 мл/мин. Расчеты активности азотфиксации проводили, используя соотношение ацетилена к азоту, разное 3:1 [10].

Одновременно проведением анализов на актуальную активность азотфиксации определяли и потенциальную активность азотфиксации в почве. С этой целью и сосуды объемом 15 мл помещали образец почвы массой в 5 г. Затем вводили раствор глюкозы и так, чтобы концентрация ее составила 1% массы образца и стерильной водой доводили влажность почвы до 80–90% полно влагоемкости. Сосуды закрывали ватным пробками с ставили в термостат при 28 °С. После 24 ч. Инкубации в термостате ватные пробки заменяли на резиновые, закрепляли последние металлическими зажимами, вводили 10% ацетиlena и снова ставили термостат. Через определенной срок времени (6 или 12 ч.) отбирали 0,5 мл газовой пробы и определяли количество образовавшегося этилена. В контрольных сосудах (без ацетилена) определяли наличие эндогенного этилена.

Определение образовавшегося этилена проводили на газовом хроматографе «Хром-5».

Для разделения газов использовали окись алюминия со щелочной пропиткой (или Рогарака), которой заполняли металлическую колонку длиной 1,2 м и диаметром 3 мм. В качестве газа–носителя использовали скорость тока которого была 40 мл/млн. Фиксации азота устанавливали путем расчета, определяя нитрогенезную активность по концентрации образовавшегося этилена.

Количество этилена определяли по стандартным пикам калибровочной кривой [11].

Количество фиксированного азота в почве рассчитывали по следующей формуле:

$$A = \frac{(a_2 - a_1) \cdot 2N \cdot V \cdot 100}{v \cdot m \cdot 3},$$

где: A — количество фиксированного азота (в наномолях на 1 кг почвы за 1 ч.);

a_2 — количество восстановленного этилена (в наномолях C_2H_4 на 0,5 мл газовой пробы);

a_1 — количество в фоновом этилена в наномолях C_2H_4 на 0,5 мл газовой пробы;

$2N$ — молекулярный вес азота в г.;

V — объем газовой фазы реакционного сосуда, мл;

v — объем газовой пробы, вводимой в колонку хроматографа, мл;

3 — соотношение между восстановленным этиленом и аммиаком:

m — вес опытной навески почвы, г.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали, что внесение одних минеральных удобрений или сочетание их с навозом может усилить или замедлить процесс функционирования нитрогеназного комплекса в ризосфере отдельных сельскохозяйственных культур.

Полученные данные свидетельствуют о возможности посредством агрохимических приемов контролировать накопление биологического азота в почве. Так, внесение минеральных удобрений и навоза усиливало нитрогеназную активность в течение всего периода вегетации озимой пшеницы и кукурузы. В начальный период развития этих растений (1-й месяц) при внесении одних минеральных удобрений наблюдалось их ингибирующее действие на нитрогеназную активность почвы, которая была ниже, чем в контроле. Негативное влияние минеральных удобрений на нитрогеназную активность ослабевало по мере развития растений. Закономерность действия минеральных удобрений и навоза наблюдалось и в пару, без растений. Однако в пару уровень актуальной нитрогеназной активности был значительно ниже, чем в ризосфере. Следовательно, растительный покров можно рассматривать как регулятор численности физиолого-биохимической активности, свободноживущих и ассоциативных диазотрофов в почве.

В ризосфере озимой пшеницы (Таблица 1) максимальная величина нитрогеназной активности наблюдалась в варианте $N_{60}P_{40}K_{40}$. На фоне навоза величины нитрогеназной активности существенно повышалась, даже по варианту $N_{90}P_{60}K_{90}$. Отрицательное действие высоких доз минеральных удобрений на нитрогеназную активность наблюдалось в начале периода вегетации растений на фоне без навоза. В последующем активность нитрогеназного комплекса изменялась в зависимости от фазы вегетации растений и, по-видимому, от количества питательных элементов в почве. Самая высокая биологическая фиксация азота (56,1 кг N_2 /га за вегетационный период) отмечена под кукурузой на серо-буровой почве при внесении $N_{60}P_{40}K_{40}$ на фоне 20 т/га навоза (Таблица 2).

Продуктивность нитрогеназной активности по озимой пшеницы ниже, чем под кукурузой. Максимальная ее величина (31,6 N_2 /га за вегетационный период) получена при внесении $N_{60}P_{40}K_{40}$ на фоне навоза 20 т/га.

Было выявлено, что внесение органического удобрения (навоза) в почву снимает отрицательный эффект высоких доз минеральных удобрений. При раздельном применении оптимальных доз минеральных и органических удобрений нитрогеназная активность, ниже, чем при совместном их внесении. Поскольку биологическая фиксация азота — энергоемкий процесс, то органическое удобрение является хорошим энергетическим субстратом для развития гетеротрофных бактерий, в том числе диазотрофов. Кроме того, органическое удобрение выполняет и другие функции, например, такие, как окислительно-

восстановительную, концентрационную, газовую, благоприятствующие функционированию нитрогеназного комплекса [8].

Таблица 1.
ДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ НА АКТУАЛЬНО НИТРОГЕННУЮ АКТИВНОСТЬ
 (мкг азота на 1 кг почвы в сутки) В РИЗОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
 СЕРО-КОРИЧНЕВАЯ (КАШТАНОВАЯ) ПОЧВА

Варианты	В среднем, за сутки				За период вегетации (120 дней, кг/га)
	май	июнь	июль	средняя (за сутки)	
<i>Серо-коричневая каштановая</i>					
1. Без удобрений	73	78	69	73	19,7
2. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	66	88	73	75	20,2
3. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₄₀	53	97	80	78	21,0
4. N ₁₄₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	54	93	87	78	21,0
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	70	107	90	89	24,0
6. Навоз 20 т/га	83	110	94	95	25,6
7. Навоз 20 т/га + N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	97	143	113	119	32,1

Таблица 2.
ДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ НА АКТУАЛЬНО НИТРОГЕННУЮ АКТИВНОСТЬ
 (мкг азота на 1 кг почвы в сутки) В РИЗОЦЕНОЗЕ КУКУРУЗЫ
 СЕРО-КОРИЧНЕВАЯ (КАШТАНОВАЯ) ПОЧВА

Варианты (за сутки)	В среднем, за сутки				За период вегетации (120 дней, кг/га)
	Май	Июнь	Июль	Средняя	
1. Без удобрений	80	112	127	111	40,0
2. N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	82	145	188	138	49,6
3. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₄₀	76	178	180	152	54,7
4. N ₄₀ P ₁₇₀ K ₁₇₀	65	166	187	149	53,8
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₁₂₀	78	168	173	143	51,6
6. Навоз 20 т/га	86	168	179	148	53,3
7. Навоз 20 т/га + N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	98	183	196	163	58,6

Эффективность минеральных удобрений, с микробиологической точки зрения, определяется уровнем биологического потенциала почвы, в частности нитрогеназной активность и синтез АТФ. Отсюда вытекает, что увеличение массы агрохимикатов снижает (ограничивает) возможность использования природных ресурсов (например, молекулярный азот атмосферы).

Установлено, что система удобрения существенно влияет на нитрогеназную активность бактерий ризосфера. Для разных культур характерна амплитуда колебаний нитрогеназной активности. Как правило, нитрогеназная активность изменялась в зависимости от физиологического состояния растений: достигала максимума в период колошения озимой пшеницы и цветения кукурузы.

Выводы

Результаты исследования показали, что внесение минеральных удобрений одних или в сочетании с навозом усиливает или замедляет активность нитрогеназного комплекса в ризосфере культур. Полученные данные свидетельствуют о возможности посредством агрохимических приемов контролировать накопление биологического азота в почве.

Список литературы:

1. Антонов Б. И. Малый Кавказ // Геология СССР. Том XLVII. Азербайджанская ССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1972. 520 с.
2. Азизбеков Ш. А. Геология и петрография северо-восточной части Малого Кавказа. Баку: Изд-во Акад. наук Азерб. ССР, 1947. 300 с.
3. Мадатзаде А. А., Шихлинский Э. М., Кавецкая Г. Г. и др. Климат Азербайджана. Баку: Изд-во АН АзССР, 1968. 343 с.
4. Мамедов М. Гидрография Азербайджана. Баку: Нафта-Пресс, 2002. 266 с.
5. Салаев М. Э. Почвы Малого Кавказа. Баку: Изд-во АН АзССР, 1966. 329 с.
6. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
7. Becking J. H. Studies on nitrogen-fixing bacteria of the genus *Beijerinckia* // Plant and Soil. 1961. V. 14. №1. P. 49-81.
8. Тышкевич, Г. Л. Экология и агрономия. Кишинев: Штиинца, 1991. 266 с.
9. Калининская Т. А., Миллер Ю. М., Култышкина И. Т. Изучение азотфикссирующей активности почв разного типа с помощью $^{15}\text{N}_2$ // Применение 114стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос, 1973.
10. Follett R. F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils // Soil and Tillage Research. 2001. T. 61. №1-2. С. 77-92.
11. Емцев В. Т., Нице Л. К., Ахметов Ф. Т., Моторина М. В., Гусейнов Г. Г. О. Фиксация азота атмосферы в корневой зоне у различных зерновых культур // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 1989. №1. С. 89-97.

References:

1. Antonov, B. I. (1972). Malyi Kavkaz. Geologiya SSSR. V. XLVII. Azerbaidzhanskaya SSR. Geologicheskoe opisanie. Moscow, Nedra, 520. (in Russian).
2. Azizbekov, Sh. A. (1947). Geologiya i petrografiya severo-vostochnoi chasti Malogo Kavkaza. Baku, Izd-vo Akad. nauk Azerb. SSR, 300. (in Russian).
3. Madatzade, A. A., Shikhinskii, E. M., Kavetskaya, G. G., & al. (1968). Klimat Azerbaidzhana. Baku, Izd-vo AN AzSSR, 343. (in Russian).
4. Mamedov, M. (2002). Gidrografiya Azerbaidzhana. Baku, Nafta-Press, 266. (in Russian).
5. Salaev, M. E. (1966). Pochvy Malogo Kavkaza. Baku, Izd-vo AN AzSSR, 329. (in Russian).
6. Zvyagintsev, D. G. (1991). Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii. Moscow, Izd-vo MGU, 304. (in Russian).
7. Becking, J. H. (1961). Studies on nitrogen-fixing bacteria of the genus *Beijerinckia*. *Plant and Soil*, 14(1), 49-81.
8. Tyshkevich, E. A. (1981). Ecology and agronomy. Chisinau, Shtiintsa, 266. (in Russian).
9. Kalilininskaya, T. A., Miller, Yu. M., & Kultyshkina, I. T. (1973). Study of nitrogen-fixing activity of soils of different types using. The use of a stable isotope in research on agriculture. Moscow, Kolos, 55-61. (in Russian).

10. Follett, R. F. (2001). Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil and Tillage Research*, 61(1-2), 77-92.
11. Emtsev, V. T., Nitse, L. K., Akhmetov, F. T., Motorina, M. V., & Guseinov, G. G. O. (1989). Fiksatsiya azota atmosfery v kornevoi zone u razlichnykh zernovykh kul'tur. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, (1), 89-97. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 17.01.2019 г.

Принята к публикации
21.01.2019 г.

Ссылка для цитирования:

Мустафаев З. Х. Удобрение почвы как антропогенный фактор повышения потенциала биологической фиксации азота // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №2. С. 169-175. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/23>.

Cite as (APA):

Mustafayev, Z. (2019). Soil fertilizer as an antropogenic factor of the increase potential in biological fixation of nitrogen. *Bulletin of Science and Practice*, 5(2), 169-175. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/23>. (in Russian).