

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, Willemmin [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

году они были обнаружены в почвах зоны умеренного климата [15]. В дальнейшем было установлено широкое распространение азоспирилл в зоне умеренного климата [16, 17, 18, 19, 20, 21] и даже в зоне субарктического климата [22, 23].

Азоспириллы не являются главными составляющими почв умеренной зоны, где в основном доминируют *Pseudomonas*, *Enterobacter* и *Bacillus* [23, 24, 25]. В тропических почвах численность азоспирилл достигает 10^4 – 10^7 клеток на грамм сухого веса корней. M. Krol [26, 27], H. Jaskowska [28, 29] и D. Kulinska [30] показали широкую распространенность азоспирилл в ризосфере зерновых культур на 15 почвенных разновидностях Польши, имеющей значительное сходство климатических и почвенных условий с Беларусью. Численность азоспирилл в почвах умеренной зоны ниже, чем в условиях тропиков и субтропиков. По данным польских исследователей, в ризосфере ячменя и кукурузы спонтанная численность *Azospirillum* sp. варьирует от нескольких клеток до двух тысяч ($2 \cdot 10^3$) клеток на 1 грамм ризосферной почвы. Что касается распространения вида *A. brasilense*, то, например, из ризоплана кукурузы было выделено 68 штаммов, из ризосферы ячменя – 21.

Азоспириллы обнаружены в ассоциациях с самыми разными растениями умеренной зоны [18–23, 31, 32], при этом они нередко преобладали над другими азотфиксаторами. Ассоциативные диазотрофы взаимодействуют в основном с растениями, имеющими C_3 и C_4 проводящие пути фотосинтеза, к которым относятся ячмень, пшеница, кукуруза, травы, рис, хлопок [32, 33, 34, 35]. Показано, что ризосферу кукурузы заселяли в основном *A. brasilense* (62%), а *A. lipoferum* составляли 15% [26, 27]. Установлена широкая распространенность азоспирилл на злаковых травах умеренной зоны [20, 36, 37, 38, 39, 40].

Перспективность азоспирилл в качестве активного агента бактериальных удобрений обусловлена их свойствами. *Azospirillum* spp отличаются разносторонним приспособительным метаболизмом углерода и азота, что в значительной мере способствует их адаптации, приживаемости и жизнедеятельности в конкурентных условиях ризосферы.

В неблагоприятных условиях, например, при дефиците питания, *Azospirillum* могут трансформироваться в цистоподобные образования, что существенно повышает их выживаемость в ризосфере [41]. Эти морфологические изменения сопровождаются развитием внешней оболочки, состоящей из полисахаридов, а также аккумуляцией поли- β -гидроксibuтирата, который служит источником углерода и энергии в условиях стресса [42, 43]. Аккумуляция поли- β -гидроксibuтирата имеет фундаментальное значение для выживаемости *Azospirillum*.

Существенным преимуществом *Azospirillum* spp является их высокая подвижность. При этом *A. brasilense* отличаются повышенной подвижностью за счет одной полярной флагеллы, используемой для движения в жидких средах и дополнительных латеральных флагелл для движения в более плотных средах [44, 45]. Повышенная подвижность служит важным дополнительным защитным фактором, обеспечивающим преимущества азоспирилл и возможности передвижения в зоны с благоприятными условиями питания, т.е. к корням. В ризосфере существует градиент концентрации элементов питания от корней к окружающей почве. Установлен положительный хемотаксис азоспирилл к органическим кислотам, сахарам, аминокислотам [46, 47, 48], а также к корневым экссудатам [49]. Экспериментально показана миграция *A. brasilense* к корням проростков пшеницы и установлена

ее зависимость от почвенной влаги (доказано, что она лимитируется почвенной влагой). В классических работах Bashan Y. et al. представлены доказательства того, что свободное движение *Azospirillum brasilense* через водную пленку играет главную роль в хемотаксисе в естественных условиях [50].

Важной особенностью азоспирилл является аэротаксис – способность к направленному движению в сторону оптимальной концентрации кислорода [51]. Перечисленные свойства *Azospirillum* обеспечивают им существенные преимущества и возможность достижения оптимальной ниши как для выживания в ризосфере, так и для азотфиксации [52]. *Azospirillum* spp являются аэробными гетеротрофами, которые осуществляют фиксацию азота в микроаэрофильных условиях [31].

В настоящее время все азотфиксирующие бактерии, колонизирующие злаковые культуры, подразделяются на три категории: ризосферные бактерии, факультативные эндофиты и облигатные эндофиты [53]. *Azospirillum* sp. (за исключением *A. halopraeferanse*) относятся к факультативным эндофитам, так как способны колонизировать поверхность и внутреннюю часть корней. Азоспириллы способны проникать внутрь корня и расти как эндофиты в межклеточных пространствах [54], хотя в основном рассматриваются как эпифиты [32]. Некоторые штаммы, имеющие специфические механизмы взаимодействия с корнями, заселяют внутреннюю часть корня [55, 56, 57, 58]. При использовании метода поверхностной стерилизации была экспериментально показана, способность некоторых штаммов *Azospirillum* к колонизации внутренней части корней [57, 59].

Колонизация корней – ключевой фактор успешного взаимодействия растений с азоспириллами. Клетки азоспирилл обнаруживают на всех частях инокулированной корневой системы, но большинство азоспирилл заселяют поверхность корней, колонизируют слой муцигеля или поврежденные кортикальные клетки корня [34, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66]. Микроскопические исследования инокулированных *Azospirillum* корней пшеницы показывают массивную колонизацию зоны удлинения, зоны корневых волосков [60, 66, 67], верхушки корня [68] и оснований корневых волосков [60, 69], так как именно эти части корневой системы постоянно выделяют аттрактанты для азоспирилл и обеспечивают их питание и жизнедеятельность [67]. Азоспириллы слабо адсорбируются к корневым волоскам [60, 68, 70], по данным Bashan Y. [68], адсорбция к поверхности корня и корневым волоскам соотносится как 5:1.

Несмотря на слабую колонизацию корневых волосков, *Azospirillum* одновременно способствуют их развитию. Самый заметный эффект от инокуляции злаковых культур ризосферными бактериями – это стимуляция развития корневых волосков [60, 68, 71]. По сравнению с другими диазотрофами наибольший стимулирующий эффект вызывают *Azospirillum* spp при этом резко возрастает число, плотность и длина корневых волосков, а также число деформированных волосков [60, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74].

Инокуляция азоспириллами вызывает морфологические и физиологические изменения корней, в них снижается активность окислительных ферментов и содержание жиров, повышается скорость усвоения NO_3^- , K^+ и H_2PO_4^- [61, 76], улучшается использование воды [75, 76]. Водный режим может быть одним из главных факторов улучшения роста инокулированных растений. Инокулированные корни отличаются большей пропорцией молодых корней, чем неинокулированные.

Морфологические изменения корней, наблюдаемые при инокуляции азоспириллами, наиболее вероятно связаны с бактериальной продукцией регуляторов роста [60, 69, 70, 72]. Увеличение числа латеральных корней и корневых волосков обеспечивает большую поглощающую поверхность корней, улучшая способность инокулированных растений использовать элементы минерального питания и воду.

Достижения в области генетики микроорганизмов дают основания полагать, что начальные этапы взаимодействия микроорганизмов с корнями растений одинаковы для разных бактерий. Для успеха колонизации корней решающее значение имеет подвижность бактерий, изолирован структурный ген, ответственный за белок (флагеллин) латеральной флагеллы *Azospirillum brasilense* Sp.7 [77]. Структурный белок полярной флагеллы оказался гликопротеином, что позволяет предполагать, что он действует как фактор адгезии к поверхности корней [78].

Прикрепление *Azospirillum* к корням растений – существенный фактор эффективности ассоциации. Прикрепление представляет собой двухфазный процесс [79], в первой фазе бактерии адсорбируются к корням как отдельные клетки быстро, слабо и обратимо при участии полярной флагеллы [78], во второй фазе формируются бактериальные агрегаты [58], которые прочно и необратимо прикрепляются к корням. Считается, что прикрепление зависит от бактериальной продукции капсулярного внеклеточного полисахарида [70, 79]. Высказано предположение, что лектины корня также участвуют в процессе колонизации корней [70], связывание индуцирует изменения в клеточном метаболизме *Azospirillum brasilense* Sp. 245 и способствует азотфиксации, экскреции NH_4^+ и биосинтезу ИУК [80]. Теория лектинового связывания, предложенная для описания взаимодействия растений и бактерий [68, 70], находит все большее число подтверждений. Установлена тесная взаимосвязь бактериальной адсорбции к корням и азотфиксации Bashan Y. [68].

Azospirillum spp отличает многообразие в отношении метаболизма азота. В принципе азоспириллы могут осуществлять все реакции цикла азота, за исключением нитрификации. Источниками азота для азоспирилл могут служить атмосферный азот, аммоний, нитраты и нитриты [3, 31, 81, 82, 83]. Особое значение имеют два процесса – азотфиксация и денитрификация. *Azospirillum* могут обеспечивать растения азотом, либо за счет азотфиксации, либо за счет денитрификации [83, 84, 85, 86].

В анаэробных условиях *Azospirillum* используют нитрат в качестве акцептора дыхательного электрона и восстанавливают нитрат до молекулярного азота через нитрит и N_2O . В зависимости от количества нитратов и кислорода в среде *Azospirillum* в ассоциации со злаками осуществляют либо азотфиксацию (редукцию C_2H_2), либо денитрификацию (образование N_2O). Активность обоих процессов определяется свойствами штамма [83, 84]. Активность азотфиксации оптимальна при 0,5–2% кислорода в газовой фазе, поэтому азоспириллы могут осуществлять азотфиксацию только при пониженном давлении кислорода в жидких культурах [7]. Наличие нитратов в среде подавляет азотфиксацию, но абсолютно необходимо для протекания денитрификации. За денитрификацию у *Azospirillum* ответственны диссимиляторные нитритредуктазы, которые превращают нитрит только до N_2O , а не до N_2 [83, 84, 86].

Эффективность бактеризации злаковых культур азоспириллами. К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный материал по влиянию *Azospirillum spp* на урожайность основных злаковых культур умеренной и тропической зон – пшеницы [31, 32, 34, 35, 55, 87], кукурузы [87, 88, 89], ячменя [90, 91] и злаковых трав [21, 37, 38, 39, 57, 58, 70, 87, 89, 92].

В условиях умеренного климата продуктивность азотфиксации, как и интенсивность фотосинтеза, ниже, чем в условиях тропиков, но *Azospirillum spp* также являются активным компонентом азотфиксирующей микрофлоры корней злаковых трав умеренной зоны [19, 20, 36, 37, 38, 39, 40], что стимулировало исследования с кормовыми травами, возделываемыми в зоне умеренного климата.

В исследованиях О.А. Берестецкого, Л.Ф. Васюк с соавторами [105] была показана перспективность бактеризации кормовых трав азоспириллами (Российский НИИ сельскохозяйственной микробиологии). В работе А.Е. Хальчицкого [106] по инокуляции тимофеевки луговой была установлена хорошая сохранность интродуцированных диазотрофов на корнях после перезимовки растений на третий год жизни травостоя.

В работах Волкогона В.В. (Украинский НИИ сельскохозяйственной микробиологии) изучена эффективность бактеризации райграса пастбищного и костреца безостого азоспириллами, в том числе на разных фонах азотных удобрений [38]. В соответствии с данными В.В. Волкогона внесение 40–80 кг/га минерального азота на дерново-подзолистой почве стимулировало азотфиксацию в корневой зоне трав и приводило к повышению урожайности [38, 96]. Высокий эффект от бактеризации отмечен в 1-й год жизни трав. На 2-й и 3-й годы жизни наблюдали снижение прибавок от бактеризации.

Агрономическая оценка 20-летнего применения азоспирилл, проведенная У. Окоп [87], свидетельствует об их способности повышать урожайность злаковых культур на разных почвах и в разных климатических регионах. В соответствии с его оценкой около 60–70% инокуляционных экспериментов дают статистически достоверные прибавки урожайности, которые варьируют в пределах 5–30% (11–24% на злаковых травах во Флориде; 10–20% на кукурузе в Джорджии и Нью-Джерси; от 15–19% до 20–30% на злаковых травах в Индии; 15–20% на злаковых травах и 20–30% на кукурузе в Израиле; 3–54% на пшенице, ячмене и кукурузе в Италии).

Однако примерно в 30–40 % инокуляционных экспериментов отмечается статистически недостоверный или нулевой эффект. Проблема нестабильности эффектов при интродукции азоспирилл обсуждается в обзорах J. Fages [93], I.R. Kennedy et al. [31, 32], С.А. Лукина с соавт. [25], Т.Н. Майоровой с соавт. [94].

Рассматривая научную информацию по проблеме нестабильности эффектов при использовании азоспирилл, следует отметить, что многие из проанализированных экспериментов были спланированы в основном для изучения азотфиксации и в связи с этим условия минерального питания не всегда были оптимизированы. В то время как оптимизация минерального азотного питания является одним из ключевых факторов успеха инокуляции. С другой стороны, нестабильность результатов во многом обусловлена недостаточной изученностью процессов взаимодействия микроорганизмов и растений и факторов повышения эффективности азотфиксирующих ассоциаций. Неудачи инокуляционных экспериментов объясняются также сортовой и штаммовой вариабельностью [32,

95]. Эффективность инокуляции зависит от выбора адекватных пар растение – штамм–инокулянт. Существенное значение имеют свойства используемого штамма–инокулянта, включая различия по способности к колонизации корней, стимуляции роста и азотфиксации [25, 31, 32, 93, 94]. Штаммовую вариабельность азоспирилл с точки зрения динамики популяций и влияния на растения можно считать существенным фактором при выборе популяций для инокуляции растений.

Таким образом, стабильность результатов инокуляционных экспериментов зависит от выбора адекватного штамма–инокулянта с комплексом полезных свойств, и оптимизации минерального азотного питания.

В Беларуси исследования по ассоциативной азотфиксации были начаты Л.А. Карягиной и В.Н. Нестеренко, которые показали распространенность азоспирилл в условиях Беларуси [37, 39, 40], провели сравнительную оценку эффективности диазотрофов различной родовой принадлежности на злаковых травах [97], отметили зависимость эффективности бактеризации от влагообеспеченности почвы и количества осадков [92], получили данные по влиянию зонального штамма *Azospirillum brasilense* ВКПМ В–4485 на урожайность ячменя и многолетних злаковых трав [39, 97].

Штамм *Azospirillum brasilense* ВКПМ В–4485. Штамм ассоциативных азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasilense* ВКПМ В–4485 [98], входящий в состав бактериального удобрения Азобактерин [107] характеризуется высоким азотфиксирующим потенциалом [39], значительной ростостимулирующей активностью [101] и способностью к мобилизации труднодоступных форм почвенного фосфора [108]. Благодаря наличию различных приспособительных механизмов у штамма *Azospirillum brasilense* ВКПМ В–4485 бактериальное удобрение Азобактерин оказывает разностороннее положительное влияние на инокулированные растения в разных экологических условиях.

Бактериальное удобрение Азобактерин индуцирует значительный гормональный эффект, проявляющийся в увеличении объема и сухой массы корней инокулированных растений – объем корней увеличивался на 30%, сырая масса – на 54%, высота растений повышалась в среднем на 8%, сырая масса надземной части – на 25% [101], что существенно повышает их адаптивные возможности в отношении использования элементов минерального питания и воды.

Длительные полевые эксперименты с многолетними злаковыми травами показали, что бактериальное удобрение Азобактерин обеспечивало стабильный положительный эффект на четырех видах злаковых трав – овсянице луговой, тимофеевке луговой, костреце безостом и еже сборной [99, 100, 101, 102]. На дерново-подзолистой супесчаной почве при равных условиях минерального питания наибольший эффект от инокуляции получен на костреце безостом и еже сборной – при средней урожайности 62 и 56 ц/га прибавки от Азобактерина составили 10 и 9 ц/га сухой массы 4; урожайность и прибавки от бактеризации тимофеевки луговой и овсяницы луговой были ниже и составили 48 и 40 ц/га, 7 и 5 ц/га сухой массы соответственно [101, 102]. Реальный вклад азотфиксации в азотное питание подтверждается соответствующим повышением содержания белка в урожае трав: костреца – с 10,2 до 13,6%, ежи – с 10,7 до 12,9%, тимофеевки – с 9,5 до 11,1%, овсяницы – с 9,3 до 11% [102].

В полевом опыте с ежой сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве установлена эффективность Азобактерина при разных уровнях минерального азотного питания (0, 30, 60 кг/га). По показателям урожайности сухой массы (105,6 ц/га), прибавки от бактеризации (14,4 ц/га), повышению активности азотфиксации в ризоплане (в 3,8 раза) и содержания протеина в продукции (14,6%) оптимальная доза минерального азота – N_{60} [99].

Изучена эффективность зонального штамма *A. brasilense* В–4485 на посевах ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Оценивали эффективность разных способов внесения диазотрофов и сравнивали действие штамма с химическим протравителем семян Фенорамом. Все изученные способы бактеризации обеспечивали повышение урожайности ячменя, стимулировали продуктивное кущение, увеличивали массу и число зерен в колосе. Наиболее высокую урожайность ячменя (61,1 ц/га) и прибавку зерна (11 ц/га) обеспечивала предпосевная обработка семян на фоне N_{60} , при этом бактеризация способствовала синтезу и накоплению белка в зерне. Предпосевная обработка семян *Azospirillum brasilense* В–4485 была сравнима по эффективности с действием Фенорама [103].

Проведена оценка эффективности применения Азобактерина на льне-долгунце. Предпосевная инокуляция семян стимулировала закладку большего числа репродуктивных органов у растений и оказывала положительное влияние на показатели структуры урожая льна-долгунца, определяющие его качество. За счет инокуляции повышалась техническая длина стеблей льна, наибольший эффект отмечен на фонах РК-удобрений: техническая длина стебля была на 8,2–8,5 см выше, чем на контроле. Перспективны следующие варианты биологизации возделывания льна-долгунца за счет применения Азобактерина: первый – на фоне $N_{15} P_{60} K_{90}$ в сочетании с предпосевной обработкой семян, что позволяет экономить 15 кг/га азота и обеспечивает урожайность длинного волокна, эквивалентную внесению $N_{30} P_{60} K_{90}$, при этом выход длинного волокна составил в среднем 1,34 т/га, прибавка от бактеризации 0,33 т/га, относительное содержание длинного волокна повышалось на 3%; второй – на фоне $P_{60} K_{90}$ в сочетании с предпосевной обработкой семян также позволяет экономить 15 кг/га азота и обеспечивает урожайность длинного волокна, эквивалентную внесению $N_{15} P_{60} K_{90}$, при этом выход длинного волокна составил в среднем 1,08 т/га, прибавка от бактеризации 0,36 т/га, относительное содержание длинного волокна повышалось на 7% [104]. Применение Азобактерина позволяет снижать доза азотных удобрений при возделывании льна-долгунца. Действие Азобактерина на урожай и качество продукции льна-долгунца эквивалентно внесению как минимум 15 кг/га д.в. азота. При этом исключается избыточная концентрация азота в корневой зоне льна-долгунца, которая может снижать выход волокна, его качество и урожайность семян.

Таким образом, анализ научной литературы показал, что перспективность использования азоспирилл в качестве действующих агентов бактериальных удобрений обусловлена их свойствами – способностью стимулировать рост растений, фиксировать молекулярный азот в ассоциации со злаковыми культурами, разнообразным метаболизмом азота, хемотаксисом и аэротаксисом. При условии выбора адекватного штамма, сочетающего хорошую способность к колонизации корней сельскохозяйственной культуры, высокую азотфиксирующую и ростости-

мулирующую активность, способность осуществлять мобилизацию почвенного фосфора, а также при условии оптимизации минерального азотного питания, применение азоспирилл может обеспечивать реальный вклад биологического азота в урожай и повышение качества продукции по содержанию белка. Необходимыми условиями успеха инокуляции являются – изготовление качественного биоудобрения, правильное его хранение и внесение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Beijerinck, M.W.* Ueder ein Spirillum, welches freien Stickstoff binden kann? / M.W. Beijerinck // Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. – 1925. – V. 63, № 2. – P. 353–359.
2. *Dobereiner, J.* Associative symbioses in tropical grasses: Characterization of microorganisms and dinitrogen fixing sites / J. Dobereiner, J.M. Day // Nitrogen Fixation: proc. 1st Int. Symp. / Eds. W.E. Newton and C.J. Nyman; Washington State Univ. Press, Pullman, Washington, USA. – Washington, 1976. – P. 518–538.
3. *Yoshida, T.* Nitrogen fixing activity in upland and flooded rice fields / T. Yoshida, R.R. Ancajas // Soil Sci. Soc. Am. Proc. – 1973. – V. 37. – P. 42–46.
4. *Balandreau, J.* Fixation biologique de l'azote moléculaire en savane de Laento (Basse Côte d'Ivoire): Resultats préliminaires / J. Balandreau, G. Willemin // Rev. Ecol. Biol. Sol. – 1973. – V. 10. – P. 23–33.
5. Non-symbiotic nitrogen fixation in the rhizosphere of rice, maize and different tropical grasses / Y. Dommergues [et al.] // Soil Biol. Biochem. – 1973. – V. 5, № 1. – P. 83–89.
6. *Dobereiner, J.* Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck / J. Dobereiner, J. Marriel, M. Nery // Can. J. Microbiol. – 1976. – V. 22. – P. 1464.
7. *Dobereiner, J.* Nitrogenase activity in the rhizosphere of sugar cane and some other tropical grasses / J. Dobereiner, J.M. Day, P.J. Dart // Plant Soil. – 1972. – V. 37. – P. 191–196.
8. *Hill, S.* Influence of oxygen concentration on the colony type of *Derxia gummosa* grown on nitrogen-free media / S. Hill // J. Gen. Microbiol. – 1971. – V. 67. – P. 77–83.
9. *Hill, S.* Environmental effects on the growth of nitrogen-fixing bacteria / S. Hill, J.W. Drozd, J.R. Postgate // J. Appl. Chem. Biotechnol. – 1972. – V. 22. – P. 541–558.
10. *Tarrand, J.J.* A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov., and two species *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. / J.J. Tarrand, N.R. Kreig, J. Dobereiner // Can. J. Microbiol. – 1978. – V. 24. – P. 967–980.
11. *Tyler, M.E.* Isolation of *Azospirillum* from diverse geographic regions / M.E. Tyler, J.R. Milam, R.L. Smith // Can. J. Microbiol. – 1979. – V. 25, № 6. – P. 639–697.
12. Report of Seventh Australian legume nodulation Conference / Y. Barnett [et al.] // J. of Australian Institute of Agr. Sc. – 1984. – V. 50, № 1. – P. 30–34.
13. *Hubbell, D.H.* Associative N₂ fixation with *Azospirillum* / D.H. Hubbell, M.H. Gaskins // Biological Nitrogen Fixation, Ecology, Technology and Physiology. – New York, London: Plenum Press, 1984. – P. 201–224.

14. Okon, Y. Developments in Basic and Applied Biological Nitrogen Fixation / Y. Okon, R.W.F. Hardy // Plant Physiology. Academic Press Inc. – 1983. – V. 8. – P. 5–54.

15. Vlassak, K. Association of free-living nitrogen fixing bacteria with plant roots in temperate region / K. Vlassak, L. Reynders // Microbiol. Ecol. B. – 1978. – P. 307–309.

16. Применение ацетиленового метода для количественного учета разных групп азотфиксаторов методом предельных разведений / Т.А. Калининская [и др.] // Микробиология. – 1981. – Т. 50, № 5. – С. 924–927.

17. Мальцева, Н.Н. Азотфиксирующая бактерия *Azospirillum lipoferum* (Weijerinck) в почве, ризосфере и ризоплане сельскохозяйственных растений / Н.Н. Мальцева, В.В. Волкогон // Микробиология. – 1984. – Т. 46, № 1. – С. 6–8.

18. Активность азотфиксации и азотфиксирующие микроорганизмы ризосферы озимой ржи / Н.Н. Мальцева [и др.] // Микробиологический журнал. – 1992. – Т. 54. – С. 10–16.

19. Vlassak, K. Agronomic aspects of biological dinitrogen fixation by *Azospirillum* spp in temperate zone / K. Vlassak, L. Reynders // Associative N₂-fixation. – 1981. – V. 1. – P. 93–101.

20. Берестецкий, О.А. Азотфиксирующая активность в ризосфере и на корнях небобовых растений / О.А. Берестецкий, Л.Ф. Васюк // Изв. АН СССР, серия биол. № 1. – 1983. – С. 44–50.

21. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация / М.М. Умаров. – М.: МГУ, 1986. – 132 с.

22. Haahnela, K. Root-associated N₂-fixation (Acetylene reduction) by Enterobacteriaceae and *Azospirillum* strains in cold-climate spodosoils / K. Haahnela, T. Wartioraara, V. Sundman // Appl. Env. Microbiol. – 1981. – V. 41, № 41. – P. 203–206.

23. Lindberg, T. Nitrogenase activity and nitrogen fixing bacteria in cereals and forage grasses grown in Sweden: third Intern. Symp. on Nitrogen Fixation with non-legumes, Helsinki, 2–8 September, 1984. / T. Lindberg, U. Granhall. – Helsinki, 1984. – P. 83.

24. Kleeberger, A. The rhizosphere microflora of wheat and barley with special reference to Gram negative bacteria / A. Kleeberger, H. Castorf, W. Klingmuller // Arch. Microbiol. – 1983. – V. 136. – P. 306–311.

25. Лукин, С.А. Азоспириллы и ассоциативная азотфиксация у небобовых культур в практике сельского хозяйства / С.А. Лукин, П.А. Кожевин, Д.Г. Звягинцев // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 1. – С. 51–58.

26. Krol, M.J. Wystepowane bakterii z rodzaju *Azospirillum* w ryzosferze kukurydzy i jeczmenia uprawianych na roznych glebach / M.J. Krol, J. Kobus // Zesz. Nauk. AR Szczec. – 1997. – V. 181. – P. 141–151.

27. Krol, M.J. Wystepowane *Azospirillum* w ryzosferze traw / M.J. Krol // Organizmy glebowe jako wskaznik procesow ekologicznych: materialy Ogolnopolskiego Sympozjum, Wroclaw 14–16 wrzesnia 1995. – Wroclaw, 1995.

28. Jaskowska, H. Wystepowane i charakterystyka bakterii z rodzaju *Azospirillum* w ryzosferze roslin zbozowych / H. Jaskowska // Praca doktorska. – Warszawa: SGGW, 1993.

29. *Jaskowska, H.* Occurrence of bacteria of the genus *Azospirillum* in rhizosphere of different cereal varieties / H. Jaskowska // *Ann. WAU Agric.* – 1994. – V. 27. – P. 61–65.

30. *Kulinska, D.* Occurrence of *Azospirillum* in Polish soils / D. Kulinska // *Acta Microbiol. Pol.* – 1983. – V. 32. – P. 265.

31. *Kennedy, I.R.* Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: recent advances / I.R. Kennedy, Y. Tchan // *Plant Soil.* – 1992. – V. 141. – P. 93–118.

32. *Kennedy, I.R.* Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? / I.R. Kennedy, A.T.M.A. Chouhury, M.L. Kecskes // *Soil Biol. Biochem.* – 2004. – V. 36, № 8. – P. 1229–1244.

33. *Baldani, V.L.D.* Host-plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. / V.L.D. Baldani, J. Dobereiner // *Soil Biol. Biochem.* – 1980. – V. 12. – P. 433–440.

34. *Michiels, K.* *Azospirillum* – plant root associations: a review / K. Michiels, J. Vanderleyden, A. Gool // *Biol. Fertil. Soils.* – 1989. – V. 8. – P. 356–368.

35. *Okon, Y.* Advances in agronomy and ecology of the *Azospirillum*/plant association. Nitrogen Fixation: Fundamentals and applications / Y. Okon // Kluwer Academic Publishers. – Netherlands, 1995. – P. 635–652.

36. *Васюк, Л.Ф.* Азотфиксирующие микроорганизмы на корнях небобовых растений и их практическое использование / Л.Ф. Васюк // *Биологический азот в сельском хозяйстве СССР.* – 1989. – С. 88–98.

37. *Несцярэнка, В.М.* Асацыятыўная азотфіксацыя у рызаплане небабовых раслін ва умовах Беларусі / В.М. Несцярэнка, Л.А. Карагіна // *Весці АН БССР. Серыя с.-г. навук.* – 1986. – № 1. – С. 36–39.

38. *Волкогон, В.В.* Ассоциативная азотфиксация в корневой зоне представителей семейства злаковых: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.07 / В.В. Волкогон. – Киев, 1987. – 18 с.

39. *Нестеренко, В.Н.* Использование ассоциативных микроорганизмов для повышения урожайности ячменя и многолетних злаковых трав: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04. / В.Н. Нестеренко. – Минск, 1993. – 23 с.

40. *Нестеренко, В.Н.* Корневые diazotрофы небобовых культур в дерново-подзолистых почвах Белоруссии / В.Н. Нестеренко // *Почвоведение и агрохимия.* – 1987. – Вып. 23. – С. 116–119.

41. *Sadasivan, L.* Cyst production and brown pigment formation in aging cultures of *Azospirillum brasilense* ATCC 29145 / L. Sadasivan, C.A. Neyra // *J. Bacteriol.* – 1987. – V. 169. – P. 1670–1677.

42. *Tal, S.* Production of the reserve material poly- β -hydroxybutyrate and its function in *Azospirillum brasilense* Cd. / S. Tal, Y. Okon // *Can. J. Microbiol.* – 1985. – V. 31. – P. 608–613.

43. *Tal, S.* The regulation of poly- β -hydroxybutyrate metabolism in *Azospirillum brasilense* during balanced growth and starvation / S. Tal, P. Smirnov, Y. Okon // *J. Gen. Microbiol.* – 1990. – V. 136. – P. 1191–1196.

44. *Holl, P.G.* Application of the indirect immunoperoxidase stain technique to the flagella of *Azospirillum brasilense* / P.G. Holl, N.R. Kreig // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1984. – V. 47. – P. 433–435.

45. Cloning sequencing and phenotypic analysis of *laf1*, encoding the flagellum of the lateral flagella of *Azospirillum brasilense* Sp. 7 / S. Moens [et al.] // *J. Bacteriol.* – 1995. – V. 177. – P. 5419–5426.
46. Barak, R. Detection of chemotaxis in *Azospirillum brasilense* / R. Barak, I. Nur, Y. Okon // *J. Appl. Bacteriol.* – 1983. – V. 53. – P. 399–403.
47. Reinhold, B. Stain-specific chemotaxis of *Azospirillum* spp. / B. Reinhold, T. Hurek, I. Fendrik // *J. Bacteriol.* – 1985. – V. 162. – P. 190–195.
48. Zhulin, I.B. Motility, chemokinesis and methylation-independent chemotaxis in *Azospirillum brasilense* / I.B. Zhulin, J.P. Armitage // *J. Bacteriol.* – 1993. – V. 175. – P. 952–958.
49. Heinrich, D. Chemotactic attraction of *Azospirillum lipoferum* by wheat roots and characterization of some attractants / D. Heinrich, D. Hess // *Can. J. Microbiol.* – 1985. – V. 31. – P. 26–31.
50. Bashan, Y. Migration of the rhizosphere bacteria *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* towards wheat roots in the soil / Y. Bashan // *J. Gen. Microbiol.* – 1986. – V. 132. – P. 3407–3414.
51. Aerotactic response of *Azospirillum brasilense* / R. Barak [et al.] // *J. Bacteriol.* – 1982. – V. 152. – P. 643–649.
52. Oxygen taxis and proton motive force in *Azospirillum brasilense* / I.B. Zhulin [et al.] // *J. Bacteriol.* – 1996. – V. 178. – P. 5199–5204.
53. Recent advances in BNF with non-legume plants / J.I. Baldani [et al.] // *Soil. Biol. Biochem.* – 1997. – V. 29, № 5–6. – P. 911–922.
54. Sumner, M.E. Crop responses to *Azospirillum* inoculation / M.E. Sumner // *Advances in Soil Science.* – 1990. – V. 12. – P. 53–123.
55. Dobereiner, J. Nitrogen fixing rhizocoenoses / J. Dobereiner, H. De Polli // *Nitrogen Fixation: Acad. Press, London.* / Eds. W.D.P. Stewart and Y.R. Gallon. – London, 1980. – P. 301–333.
56. Patriquin, D.G. Light microscopy observations of tetrazolium-reducing bacteria in the endorhizosphere of maize and other grasses in Brazil / D.G. Patriquin, J. Dobereiner // *Can. J. Microbiol.* – 1978. – V. 24. – P. 734–742.
57. Fluorescent antibody technique to identify *Azospirillum brasilense* associated with roots of grasses / S.C. Schank [et al.] // *Soil Biol. Biochem.* – 1979. – V. 11. – P. 287–295.
58. Patriquin, D.G. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses / D.G. Patriquin, J. Dobereiner, D.K. Jain // *Can. J. Microbiol.* – 1983. – V. 29. – P. 900–915.
59. Establishment of inoculated *Azospirillum* spp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum / V.L.D. Baldani [et al.] // *Plant and Soil.* – 1986. – V. 90. – P. 35–46.
60. Okon, Y. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots / Y. Okon, Y. Kapulnik // *Plant Soil.* – 1986. – V. 90. – P. 3–16.
61. James, E.K. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis / E.K. James // *Field Crop Research.* – 2000. – V. 65, № 2/3. – P. 197–209.
62. Bashan, Y. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture / Y. Bashan, H. Levanony // *Can. J. Microbiol.* – 1990. – V. 36. – P. 591–608.

63. Nonspecific responses in plant growth, yield and root colonization of noncereal crop plants to inoculation with *Azospirillum brasilense* Cd / Y. Bashan [et al.] // *Can. J. Botany*. – 1989. – V. 67. – P. 1317–1324.

64. *Dobereiner, J.* Ten years *Azospirillum* / J. Dobereiner // *Azospirillum* II, Genetics, Physiology, Ecology. / Ed. W. Klingmuller; *Experienta Suppl.* – 1983. – V. 48. – P. 9–23.

65. *Gafny, R.* Adsorption of *Azospirillum brasilense* to corn roots / R. Gafny, Y. Okon, M. Fischer // *Soil Biol. Biochem.* – 1986. – V. 18. – P. 69–75.

66. *Bashan, Y.* The fate of field-inoculated *Azospirillum brasilense* Cd in wheat rhizosphere during the growing season / Y. Bashan, H. Levanony, O. Ziv-Vecht // *Can. J. Microbiol.* – 1987. – V. 33. – P. 1074–1079.

67. *Bashan, Y.* Evidence for a weak active external adsorption of *Azospirillum brasilense* Cd to wheat roots / Y. Bashan, H. Levanony, E. Klein // *J. Gen. Microbiol.* – 1986. – V. 132. – P. 3069–3072.

68. *Bashan, Y.* Factors affecting adsorption of *Azospirillum brasilense* Cd to root hairs as compared with root surface of wheat / Y. Bashan, H. Levanony // *Can. J. Microbiol.* – 1989. – V. 35. – P. 936–944.

69. *Kapulnik, Y.* Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation / Y. Kapulnik, Y. Okon, Y. Henis // *Can. J. Microbiol.* – 1985. – V. 31. – P. 881–887.

70. *Umali-Garcia, M.* Association of *Azospirillum* with grass roots / M. Umali-Garcia [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1980. – V. 39. – P. 219–226.

71. *Jain, D.K.* Root hair deformation, bacterial attachment and plant growth in wheat–*Azospirillum* association / D.K. Jain, D.G. Patriquin // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1984. – V. 48. – P. 1208–1213.

72. *Tien, T.M.* Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) / T.M. Tien, M.H. Gaskins, D.H. Hubbell // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1979. – V. 37, № 5. – P. 1016–1024.

73. *Jain, D.K.* Characterization of a substance produced by *Azospirillum* which causes branching of wheat root hairs / D.K. Jain, D.G. Patriquin // *Can. J. Microbiol.* – 1985. – V. 31. – P. 206–210.

74. *Звягинцев, Д.Г.* Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 256 с.

75. *Lin, W.* Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense* / W. Lin, Y. Okon, R.W.F. Hardy // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1983. – V. 45. – P. 1775–1779.

76. *Sarig, S.* Improvement of the water status and yield of field grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense* / S. Sarig, A. Blum, Y. Okon // *J. Agric. Sci. Camb.* – 1988. – V. 110. – P. 271–277.

77. Cloning sequencing and phenotypic analysis of *laf1*, encoding the flagellum of the lateral flagella of *Azospirillum brasilense* Sp. 7 / S. Moens [et al.] // *J. Bacteriol.* – 1995. – V. 177. – P. 5419–5426.

78. *Moens, S.* Glycosylation of the flagellin of the polar flagellum of *Azospirillum brasilense*, a Gram-negative nitrogen-fixing bacterium / S. Moens, K. Michiels, J. Vanderleyden // *Micribiology*. – 1995. – V. 141. – P. 2651–2657.

79. *Michiels, K.W.* Two different modes of attachment of *Azospirillum brasilense* Sp 7 to wheat roots / K.W. Michiels, C.L. Croes, J. Vanderleyden // *J. Gen. Microbiol.* – 1991. – V. 137. – P. 2241–2246.
80. The effect of wheat germ agglutinin on dinitrogen fixation, glutamine synthetase activity and ammonia excretion in *Azospirillum brasilense* Sp 245 / L.P. Antonyuk [et al.] // *FEMS Microbiol. Lett.* – 1993. – V. 110. – P. 285–209.
81. *Zimmer, W.* An alternative explanation for plant growth promotion by bacteria of the genus *Azospirillum* / W. Zimmer, K. Roeben, H. Bothe // *Planta.* – 1988. – V. 176. – P. 333–342.
82. *Roper, M.M.* Biological N₂ fixation by heterotrophic and phototrophic bacterium association with straw / M.M. Roper, J.K. Ladha // *Plant Soil.* – 1995. – V. 174. – P. 211–224.
83. *Zimmer, W.* The phytohormonal interactions between *Azospirillum* and wheat / W. Zimmer, H. Bothe // *Nitrogen fixation with non-legumes* / Eds. F.A. Skinner [et al.]. – Kluwer Academic Publishers, 1989. – P. 137–145.
84. Aspects of nitrogen fixation and denitrification by *Azospirillum* / G. Danneberg [et al.] // *Plant Soil.* – 1986. – V. 90. – P. 193–202.
85. Transformations of inorganic nitrogen by *Azospirillum* spp. / H. Bothe [et al.] // *Arch. Microbiol.* – 1981. – V. 130. – P. 96–100.
86. *Azospirillum* and related organisms: ecological, physiological, biochemical and genetics aspects / H. Bothe [et al.] // *Nitrogen Fixation with Non-Legumes* / Eds. N. A. Hegazi [et al.]. – American University in Cairo Press. – Cairo, Egypt, 1994. – P. 43–52.
87. *Okon, Y.* and Agronomic application of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation / Y. Okon, C.A. Labandera–Gonzalez // *Soil Biol. Biochem.* – 1994. – V. 26. – P. 1591–1601.
88. *Saric, M.R.* Specific relation between some strains of diazotrophs and corn hybrids / M.R. Saric, Z. Saric, M. Govedarica // *Plant Soil.* – 1987. – V. 99. – P. 147–162.
89. *Sumner, M.E.* Crop responses to *Azospirillum* inoculation / M.E. Sumner // *Advances in Soil Science.* – 1990. – V. 12. – P. 53–123.
90. *Белимов, А.А.* Эффективность инокуляции ячменя смешанными культурами diaзотрофов: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 06.01.04 / А.А. Белимов; ВНИИСХМ. – Л., 1990. – 19 с.
91. *Tilak, K.V.B.R.* Response of barley (*Hordeum vulgare*) to inoculation with *Azospirillum brasilense* / K.V.B.R. Tilak, B.N. Murthy // *Curr. Sci.* – 1983. – № 19. – P. 12–16.
92. *Сініцын, М.В.* Эффектынасаць прэпаратау дыязатрофных бактэрыяў пад каласоўнік безасцюковы / М.В. Сініцын [і інш.] // *Вестці АН БССР. Сер. с.-г. навук.* – 1990. – № 2. – С. 67–70.
93. *Fages, J.* An individual view of *Azospirillum* inoculants: formulation and application technology / J. Fages // *Symbiosis.* – 1992. – V. 13. – P. 15–26.
94. *Майорова, Т.Н.* Подходы к оптимизации интродукции азоспирилл / Т.Н. Майорова, П.А. Кожевин, Д.Г. Звягинцев // *Микробиология.* – 1996. – Т. 65, № 2. – С. 277–281.

95. *Han, S.O.* Variation in nitrogen fixing ability among natural isolates of *Azospirillum* / S.O. Han, P.B. New // *Microbial Ecology*. – 1998. – V. 36. – P. 193–201.

96. *Волкогон, В.В.* Эффективность бактериализации злаковых трав азоспириллами / В.В. Волкогон // *Сельскохозяйственная биология*. – 1997. – № 5. – С. 73–77.

97. *Карягина, Л.А.* Влияние микроорганизмов рода *Azospirillum* на урожайность многолетних злаковых трав / Л.А. Карягина, В.Н. Нестеренко // *Весті АН БССР. Сер. с.-г. навук*. – 1988. – № 2. – С. 79–82.

98. Штамм ассоциативных азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasilense* В–4485 для обработки семян зерновых культур и многолетних злаковых трав: пат. 4632 Респ. Беларусь / В.Н. Нестеренко, Л.А. Карягина, Т.Б. Барашенко, Н.А. Михайловская, Н.А. Курилович, Г.В. Мороз; заявитель РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – № 970432; заявл. 05.08.1997; опубл.30.09.2002 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці*. – 2002. – № 3.

99. *Михайловская, Н.А.* Эффективность бактериализации ежи сборной *Azospirillum brasilense* В–4485 на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, Г.В. Жила, Л.А. Юрко // *Почвенные исследования и применение удобрений*. – Минск, 2004. – Вып. 28. – С. 217–222.

100. *Михайловская, Н.А.* Влияние минерального питания на эффективность бактериализации овсяницы луговой *Azospirillum brasilense* В–4485 / Н.А. Михайловская, Л.А. Юрко // *Земляробства і ахова раслін*. – 2005. – № 6. – С. 15–16.

101. Влияние бактериального удобрения Азобактерин на урожайность многолетних трав, качество и аккумуляцию радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2014. – № 1(52). – С. 333–347.

102. Эффективность бактериализации разных видов трав *Azospirillum brasilense* / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2006. – № 1(36). – С. 202–207.

103. Эффективность бактериализации ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2005. – № 2 (35). – С. 146–152.

104. *Mikhailovskaya, N.* The effect of seed inoculation by *Azospirillum brasilense* В–4485 on flax yield and its quality / N. Mikhailovskaya // *Plant, Soil and Environment*. – 2006 (9). – V. 52. – P. 402–406.

105. Азотфиксирующая активность и эффективность спирилл, обитающих на корнях растений / О.А. Берестецкий [и др.] // *Микробиология*. – 1985. – Т. 54. – Вып. 6. – С. 1102–1107.

106. *Хальчицкий, А.Е.* Приживаемость и эффективность действия бактерий рода *Azospirillum* при инокуляции сельскохозяйственных растений: автореф. дис. ...канд. биол. наук. 03.00.07. / А.Е. Хальчицкий. – Ленинград. – 1989. – 16 с.

107. Способ повышения продуктивности многолетних трав: пат. 8239 Респ. Беларусь / Н.А. Михайловская, Н.Н. Курилович, Л.Н. Лученок, Л.А. Юрко, С.В. Дюсова; заявитель РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии» – № а 20010740; заявл. 28.08.01; опубл. 20.04.2006 // *Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці*. – 2006. – № 3(50). – С. 82.

108. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2007. – № 1(38). – С. 225–231.

**AZOSPIRILLUM SPP AND THEIR INFLUENCE
ON GRAIN CROP (REVIEW)**

N.A. Mikhailouskaya

Summary

The review have shown the perspective of Azospirillum spp use as an acting agents of biofertilizers is connected with their ability to plant growth promotion, nitrogen fixation in association with grain crops, different nitrogen metabolism, chemotaxis and aerotaxis. Under the condition of choice of active Azospirillum strain possessing high capability of root colonization, N₂-fixation, growth promotion as well as under the optimization of mineral N-nutrition of plants the application of Azospirillum spp may provide the real input of biological nitrogen in crop yield and the increase of protein content in crops.

Поступила 07.09.2015