

## НИТРИФИКАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

**Л.Б. Сайфуллина**, кандидат сельскохозяйственных наук, **З.М. Азизов**, доктор сельскохозяйственных наук, **И.Г. Имашев**, кандидат сельскохозяйственных наук, **О.А. Воронцова**, кандидат сельскохозяйственных наук, **И.И. Демакина**, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока,  
410010, Саратов, ул. Тулайкова, 7  
E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*Исследования проводили с целью определения оптимальных нормативных значений нитрификационной способности и сроков отбора образцов почвы для диагностики азотонакопления в паровых полях и прогнозирования урожая озимых культур в условиях засушливой степи Поволжья. Работу выполняли в 2016–2019 гг. в стационарных опытах в условиях степной и сухостепной зон Саратовской области (географические координаты 51.603656, 46.032527). Доказана возможность использования нитрификационной способности почвы как для целей мониторинга плодородия почв, так и для краткосрочного агрономического планирования. Выявлена высокая отрицательная корреляция ( $r=-0,98^{**}$ ) между накоплением нитратного азота и нитрификационной способностью почвы. В условиях аридного климата потенциальная нитрификационная способность начинает формироваться после полного оттаивания почвы и достигает максимального уровня при возрастании суммы активных температур выше  $5^{\circ}\text{C}$  на глубине почвы 20 см до  $20^{\circ}\text{C}$  и прогревании верхнего слоя почвы (0...5 см) до  $15...17^{\circ}\text{C}$ . Наибольшую нитрификационную активность наблюдали в период трубкования – начала колошения озимой пшеницы. Нитрификационная способность в это время положительно коррелирует с урожаем зерна ( $r=0,98$ ). Поэтому целесообразно проводить диагностику режима азотного питания растений озимой пшеницы в фазе трубкования – начала колошения. Установлены агроклиматические условия формирования оптимального уровня нитрификационной способности (14...17 мг/кг), определяющие потенциал азотного питания посевов озимой пшеницы. При повышенной нитрификационной способности и благоприятных погодных условиях вегетационного периода отмечается интенсивное формирование зеленой массы и максимальный вынос азота. Вынос азота с фитомассой и урожайность зерна озимой пшеницы достоверно коррелируют с нитрификационной способностью в период трубкования – начала колошения.*

## SOIL NITRIFICATION CAPACITY AS AN INTEGRAL INDICATOR OF SOIL FERTILITY MONITORING

Sayfullina L.B., Azizov Z.M., Imashev I.G., Vorontsova O.A., Demakina I.I.

Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region,  
410010, Saratov, ul. Tulaykova, 7  
E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

*The research aimed to determine the optimal standard values of the nitrification capacity and the periods of soil sampling to diagnose nitrogen accumulation in fallow fields and to predict the yield of winter crops under the conditions of the arid steppe of the Volga region. The work was carried out in 2016–2019, in stationary experiments under the conditions of the steppe and dry steppe zones of the Saratov region (geographical coordinates 51.603656, 46.032527). The possibility of using the nitrifying capacity of the soil both for the purposes of monitoring soil fertility and for short-term agronomic planning was proved. A high negative correlation ( $r=-0.98^{**}$ ) between the accumulation of nitrate nitrogen and the nitrification capacity of the soil was revealed. In an arid climate, the potential nitrification capacity began to form after complete thawing of the soil and reached its maximum level when the sum of active temperatures rose above  $5^{\circ}\text{C}$  at a soil depth of 20 cm to  $20^{\circ}\text{C}$  and the upper soil layer (0-5 cm) warmed up to  $15-17^{\circ}\text{C}$ . The highest nitrification activity was observed during the booting period - the beginning of the winter wheat heading. The nitrification capacity at that time positively correlated with the grain yield ( $r=0.98$ ). Therefore, it is advisable to diagnose the nitrogen nutrition regime of winter wheat plants in the booting phase – the beginning of heading. The agroclimatic conditions for the formation of the optimal level of nitrification capacity (14-17 mg/kg), which determine the potential of nitrogen nutrition of winter wheat crops, were established. With increased nitrification capacity and favourable weather conditions during the growing season, intensive green mass formation and maximum nitrogen removal were observed. Nitrogen removal from the phytomass and the yield of winter wheat grains were significantly correlated with the nitrification capacity during the booting period – the beginning of heading.*

**Ключевые слова:** погодные условия, нитратный азот, нитрификационная способность почвы, почвенное плодородие.

**Key words:** weather conditions; nitrate nitrogen; soil nitrification capacity; soil fertility.

К задачам комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения относятся наблюдение за химическими, физико-химическими, биологическими, физическими и водно-физическими свойствами почв. Мониторинг служит основой для разработки проектов и планов по использованию земельных угодий, восстановлению почвенного плодородия и принятия решений в агрономии [1, 2].

Плодородие почв земель сельскохозяйственного назначения характеризуется перечнем показателей в соответствии с ОСТ 10 294-2002. Вместе с тем, как показали результаты предыдущих исследований [3], использование для оценки азотного режима почвы такого показателя, как содержание нитратного азота не информативно, поскольку находится под влиянием многих факторов, не имеет ярко выраженной корреляции с урожайностью сельскохозяйственных культур и

достоверных различий по вариантам в период вегетации в связи с выносом азота фитомассой. Поэтому для проведения комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения необходимо использовать интегральные показатели биологической активности почв. Среди основных показателей биогенности почв (дыхание, нитрификационная способность, азотфиксирующая и целлюлозоразлагающая активность) для условий аридных регионов наиболее актуальна нитрификационная способность [1]. Она обеспечивает естественный приток нитратного азота, служит одним из факторов формирования урожая, обуславливает накопление нитратного азота в процессе ухода за паром [4]. Определение диапазона возможного варьирования и оптимальных величин нитрификационной способности почвы – важное условие диагностики азотного питания растений применительно к конкретным почвенно-климатическим зонам, а также вегетации конкретных культур [1].

На сегодняшний день методика использования нитрификационной способности почвы как интегрального показателя почвенного плодородия для условий аридных регионов РФ научно не обоснована. Например, существует практика отбора образцов весной до начала агротехнических мероприятий, когда почва находится в состоянии гомеостаза [2], но в этот период формирование нитрификационной способности только начинается. В литературе известны результаты изучения нитрификационной способности в течение вегетации растений, однако в этих исследованиях не удалось определить сроки, в каком случае она коррелирует с размерами урожая культур [6].

Вопрос о необходимой длительности компостирования также остается открытым. Компостирование почвы до 30 дней и более позволяет раскрыть потенциальные возможности азотонакопления и особенности структуры органического вещества, но с точки зрения агрономии наиболее оперативно семидневное компостирование [2].

Проявление микробиологической активности почв в различных диапазонах времени связано с сезонной динамикой температуры и количества осадков [7, 8]. Доказан низкий уровень нитрификационной способности при температуре почвы 5 °С [9, 11, 12], и ее ослабление в мерзлотных почвах с глубиной [10]. Результаты наших исследований свидетельствуют, что годовые колебания температуры и количества осадков, особенно во второй половине апреля – мае месяце, оказывают большое влияние на формирование нитрификационной способности и азотонакопление в паровых полях [4], что связано с сезонной динамикой микробиологической активности почвы [9].

Следовательно, увеличение биологической активности происходит по мере прогревания почвы в весенний период и может рассматриваться как функция от суммы активных температур выше 5 °С на глубине почвы 20 см. Вероятно, поэтому высокая вариабельность нитрификационной способности в агроландшафтах связана не только с вариабельностью плодородия, но и с дифференциацией прогревания склонов разной экспозиции и инсоляции [7]. В условиях современной аридизации климата сроки установления оптимальных для нитрификации температур значительно варьируют [8]. В связи с этим можно предположить, что сроки отбора проб почвы необходимо устанавливать не календарные, а в привязке к четко идентифицируемым этапам жизнедеятельности биологических объектов.

Таким образом, для каждой зоны и сельхозкультуры возможно научное обоснование эффективной методики

использования нитрификационной способности почвы как для целей мониторинга плодородия, так и для краткосрочного агрономического планирования.

Цель исследований – определение оптимальных нормативных значений нитрификационной способности и сроков отбора образцов почвы для диагностики азотонакопления в паровых полях, а также прогнозирования урожая озимых культур в условиях засушливой степи Поволжья.

**Методика.** Работу выполняли в 2016–2019 гг. в стационарных опытах ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в условиях степной и сухостепной зон Саратовской области (географические координаты 51.603656, 46.032527). Коэффициент увлажнения территории, рассчитанный по Н.Н. Иванову, в среднем составляет 0,47. Почва – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый со средним содержанием гумуса – 4,1...4,5%, валового азота – 0,220...0,235 %, валового фосфора 0,118...0,130 % и валового калия 1,8...2,0 %. Обеспеченность доступными растениям формами фосфора по Мачигину высокая 47,0...62,0 мг/кг почвы, калия 350...500 мг/кг почвы.

Образцы почвы в слое 0...30 см отбирали в одни и те же сроки в паровых полях и под озимой пшеницей в севооборотах разной продолжительности и состава с использованием разных агротехнологий (классическая, мелкая, разноглубинная обработки пашни). В четырехпольном севообороте ранней весной под озимую пшеницу вносили аммиачную селитру в дозе N40 кг/га д. в. и под предпосевную культивацию под просо – N60 кг/га д. в. Сроки посева (1.09–10.09) и нормы высева (4,0...4,5 млн всхожих зерен на 1 га) соответствовали зональным технологиям возделывания озимой пшеницы.

За основу наблюдения за формированием нитрификационной способности и ее реализацией были приняты интегральные показатели азотонакопления в теплый период года в бессменном пару и паровых полях севооборотов, поскольку здесь исключен один из основных факторов расхода почвенного азота – вынос с фитомассой. В опыте выращивали сорт озимой мягкой пшеницы Калач 60 селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока».

Сроки отбора образцов в паровых полях и под озимой пшеницей, были приурочены к основным фазам развития культуры, поскольку в апреле–мае они тесно коррелируют с агроклиматическими изменениями почвенных показателей [7]. Пробы отбирали в следующие сроки: 1 – апрель (полное оттаивание почвы, начало вегетации озимой пшеницы); 2 – первая половина мая (трубкавание – начало колошения озимой пшеницы); 3 – конец мая – начало июня (цветение озимой пшеницы); 4 – конец июля – начало августа (уборка озимой пшеницы); 5 – середина августа (посев озимой пшеницы по пару). В 2016 и 2018 гг. образцы отбирали также после посева озимой пшеницы по всходам (начало сентября) и в фазе осеннего кушения (конец сентября).

Компостирование почвы (7-дневное) проводили по методу Кравкова, содержание нитратного азота определяли ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86.

Анализ данных о современных тенденциях изменения погодных условий опирался на результаты наших предыдущих исследований [8]. Сведения о метеоусловиях в годы наблюдения были предоставлены метеостанцией «Саратов Юго-Восток» Саратовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Приволжское УГМС».

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали двух- и трехфакторный дисперсионный анализ. Обработку материала проводили в программах Excel и Agros.

**Результаты и обсуждение.** По данным многолетнего мониторинга содержания нитратного азота в паровых полях его наиболее активная сезонная динамика отмечена в слое почвы 0...30 см. Накопление нитратного азота в черных парах севооборотов к посеву озимой пшеницы в пахотном слое в среднем за 2010–2019 гг. составило 17...19 мг/кг. Остаточная нитрификационная способность под черным паром сохранялась на уровне 7...13 мг/кг, благодаря чему в оптимальных условиях сентября – октября продолжалось азотонакопление в период всходов и осеннего кущения озимой пшеницы. В бессменном пару, по сравнению с черными парами севооборотов, способность почвы к нитрификации к середине августа практически исчерпывалась (2 мг/кг почвы). Таким образом, свежие растительные остатки в почве полевых севооборотов в некоторой степени поддерживают ее биологическую активность и интегральные показатели азотонакопления.

Интенсивность накопления минерального азота не всегда зависит от валовых запасов этого минерального элемента, поскольку в черноземах они энергетически не доступны. Одна из задач агротехнологий возделывания культур – создание режимов питания растений, обеспечивающих формирование повышенной нитрификационной способности за счет естественных запасов азота. Так, по данным мониторинга почвенного плодородия чернозема южного в рамках опыта по применению классической и разноглубинной обработки почвы на полях ФАНЦ Юго-Востока, применение традиционной технологии обработки почвы повышает запасы нитратного азота, по сравнению с прилегающей залежью, в верхнем полуметровом слое примерно в семь раз (47,7 и 6,9 кг/га), несмотря на пониженное содержание валового азота (10 000 и 13 000 кг/га соответственно).

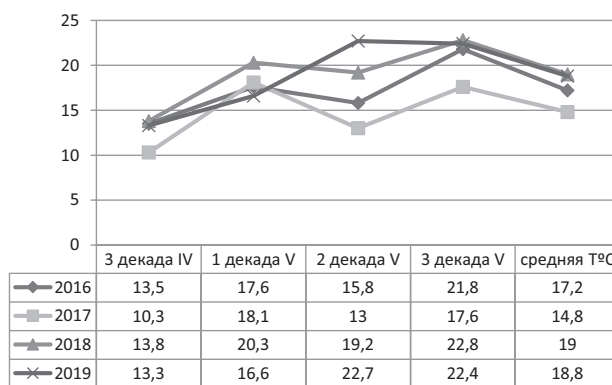
В условиях 2016–2019 гг. нитрификационная способность почвы начинала активно формироваться с достижением суммы активных температур (выше +5 °С) на глубине почвы 20 см до 20 °С и возрастает с постепенным прогреванием верхнего слоя почвы (0...5 см) до +10...15 °С.

За период наблюдения сроки полного оттаивания почвы варьировали в пределах 2 декад, наиболее раннее оттаивание отмечали в 2016 г., позднее – в 2018 г. (табл. 1). Сроки оттаивания почвы и неустойчивость метеоусловий по годам (в мае варибельность ГТК была равна 45, суммы выпадающих осадков – 39, в июле – соответственно 63 и 62), влияли на развитие интегральных показателей азотонакопления в паровых полях и объясняли высокую варибельность нитрификационной способности почвы (от 2 до 14,5 мг/кг почвы;  $K_{\text{вар}}=61$ ) как в начале ухода за паром, так и к посеву озимой пшеницы [12].

**Табл. 1. Агроклиматические показатели в весенний период**

Показатель	Год			
	2016	2017	2018	2019
Срок оттаивания почвы	09.03	25.03	18.04	23.03
ГТК за май	1,6	2,3	0,5	0,6

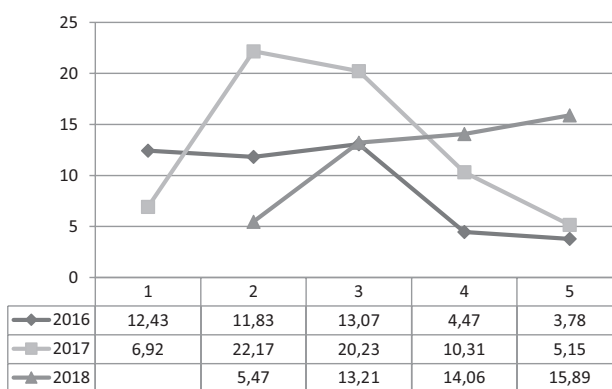
Важный агроклиматический показатель для развития азотонакопления, кроме сроков оттаивания почвы, – интенсивность прогревания в весенний период (рис. 1). Согласно результатам многолетних наблюдений нитрификационная способность почвы в паровых полях в мае имеет достоверную положительную корреляцию с ГТК и количеством осадков ( $r=0,62^{**}$ ). В то время как содержа-



**Рис. 1. Динамика прогревания верхнего слоя почвы (0,00...0,05 м) в апреле–мае.**

ние нитратного азота коррелирует с этими показателями отрицательно, а на протяжении всего теплого периода тесно связано со средней температурой и абсолютным температурным максимумом на поверхности и в верхних слоях почвы ( $r=0,85^{**}$ ). Для разных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от сроков оттаивания и прогревания почвы сохраняется одинаковая тенденция развития интегральных показателей. Поскольку в этом сообщении мы показываем общую зависимость биологической активности от погодных условий, то используем средние значения.

Высокий уровень нитрификационной способности в мае 2017 г. объясняется высоким ГТК – 2,3 (см. табл. 1) и минимальной за период наблюдения температурой верхних слоев почвы – 14,8 °С (см. рис. 1). В таких условиях отмечали затруднение реализации потенциальной способности почвы к нитрификации и накоплению нитратного азота в черном пару в первой половине мая, по сравнению с 2016 г. (рис. 2). В среднем по севооборотам нитрификационная способность в 2017 г. была значимо выше, чем в 2016 г. (22,17 и 11,83 мг/кг почвы) при пониженном содержании нитратного азота (соответственно 6,92 и 12,43 мг/кг почвы).



**Рис. 2. Динамика нитрификационной способности в паровых полях. Сроки отбора образцов: 1 – апрель; 2 – первая половина мая; 3 – конец мая – начало июня; 4 – июль; 5 – конец июля – август.**

Повышенная средняя температура верхних слоев почвы в мае 2016 г. (21,8 °С), по сравнению с 2017 г. (17,6 °С), служит одной из причин преимущественного накопления нитратного азота к посеву озимой пшеницы (соответственно в среднем по севооборотам 21,3 и 16,3 мг/кг).

Позднее оттаивание почвы в 2018 г. сдвинуло сроки формирования нитрификационной способности. А по-

**Табл. 2. Формирование фитомассы в фазе трубкования – начало колошения на площади 0,25 м<sup>2</sup> и урожая зерна озимой пшеницы в связи с азотонакоплением в почве**

Год	Фитомасса с учетной площади, кг	Интегральный показатель азотонакопления, мг/кг почвы		Урожайность зерна, т/га	Содержание сырого протеина, %
		нитрификационная способность	N-NO <sub>3</sub>		
2016	0,450b**	7,380a	3,620b	4,14b	9,630a
2017	0,150a	20,210b	1,950a	7,11c	10,230ab
2018	0,147a	6,990a	4,200b	3,37a	13,220c
НСР	87,279	1,495	4,421	1,11	0,961
F	69,246*	309,260*	7,381*	4830,26*	46,535*

\*F-критерий показывает достоверность различий показателей по годам  
\*\*согласно критерию Дункана варианты с одинаковыми латинскими буквами, различаются незначимо

следующая засуха с прогреванием почвы уже в первой декаде мая до 20 °С затормозила ее развитие. Поэтому величина интегрального показателя потенциального азотонакопления достигла уровня 2016 г. только в июне и не менялась до августа. Результатом стала тенденция пониженного содержания нитратного азота к посеву озимой пшеницы (конец июля) – 14 мг/кг.

Таким образом, особенности динамики интегрального показателя «нитрификационная способность почвы» в паровых полях определяют накопление нитратного азота к концу ухода за паром.

Процессы азотонакопления под культурами севооборотов сопряжены с выносом азота фитомассой и урожаем. Изменения агроклиматических характеристик почвы в середине апреля–мае совпадают с началом весеннего отрастания озимой пшеницы и последующими фазами ее вегетации. При наличии весенних запасов влаги это определяет в аридном климате региона рост и развитие культуры, сопровождаемые интенсивным выносом азота. Пониженная температура верхних слоев почвы замедляет накопление фитомассы, поэтому между показателями в этот период отмечается отрицательная корреляция ( $r=-0,83^{**}$ ). Повышение температуры стимулирует биологическую активность почвы, азотонакопление, а также рост и развитие культуры. Синхронность этих процессов обеспечивает трофику агроценозов озимых культур и играет важную роль в агроэкологии.

Максимальный уровень нитрификационной способности под озимой пшеницей, как и в паровых полях, отмечается к фазе трубкования – началу колошения. Количественно вынос биологического азота, формирование фитомассы в ходе вегетации и впоследствии урожая зерна в большой мере зависят от уровня нитрификационной способности к этой фазе ( $r=0,98^{**}$ ).

Так, пониженная температура почвы в конце апреля – начале мая 2017 г. сдерживала формирование фитомассы к фазе трубкования – началу колошения, затрудняла реализацию нитрификационной способности и накопление нитратного азота в почве (табл. 2). Прогревание почвы в мае – июне способствовало активному азотонакоплению благодаря высокой нитрификационной способности (18...27 мг/кг) и интенсивному нарастанию фитомассы. Пониженное содержание нитратного азота в почве в 2017 г. на протяжении вегетации, по сравнению с другими годами наблюдения, объясняется нарастающим выносом этого элемента при прогревании почвы во второй половине мая – июне, что обеспечивалось реализацией нитрификационной способности. Постепенный приток биологического азота в дальнейшем обеспечил формирование урожая зерна сорта Калач 60 по отдельным

вариантам агротехнологий до 10 т/га. По содержанию азота в зерне в среднем отмечалась тенденция к его увеличению, по сравнению с 2016 г.

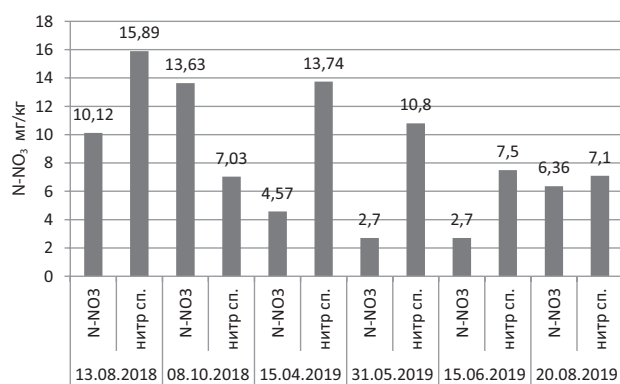
Согласно критерию Дункана, при раннем оттаивании почвы в 2016 г. к фазе трубкования накопление фитомассы было на 67 % выше, чем в два последующих года (0,45 кг/м<sup>2</sup>, против 0,15 и 0,147 кг/м<sup>2</sup> соответственно). К фазе цветения он составил 0,670 кг/м<sup>2</sup>. При этом нитрификационная способность была ниже, чем в 2017 г. в 2,7 раза, а урожай зерна – в 1,7 раз.

В условиях позднего оттаивания почвы и ранней засухи 2018 г. неблагоприятные метеоусловия не только сказались на росте растений (даже к фазе цветения фитомасса была меньше, чем в 2016 г. на 40 %, а по сравнению с 2017 г. – на 22 %), но и привели к позднему формированию нитрификационной способности. Урожай озимой пшеницы сорта Калач 60 был минимальным за 3 года наблюдения.

Пониженная нитрификационная способность почвы в мае 2018 г. сдерживала азотонакопление, тем самым сохраняя азот в форме легкоминерализуемых органических соединений, что на фоне его меньшего выноса с фитомассой сохраняло потенциальное плодородие почвы в условиях засушливых степей.

Таким образом, становится очевидным, что формирование в условиях засушливых степей в отдельные годы высокого урожая зерна с повышенным содержанием белка тесно связано с высоким азотонакоплением при благоприятных погодных условиях.

Многолетнее изучение переходящих осенне-весенних показателей свидетельствует о продолжении накопления нитратного азота при сохранении высокого уровня ни-



**Рис. 3. динамика интегральных показателей азотонакопления в среднем по 4-польному севообороту под озимой пшеницей (2018–2019 гг.).**

трификационной способности в раннеосенний период (рис. 3). Так, в 2018 г. после посева озимой пшеницы по черному пару, несмотря на осеннее кущение культуры и вынос азота, накопление нитратов в почве продолжалось (с 10,12 мг/кг в середине августа до 13,63 мг/кг в начале октября) при снижении нитрификационной способности с 15,89 до 7,03 мг/кг.

Длительное изучение пищевого режима в севооборотах свидетельствует о снижении запасов нитратного азота за период с температурой воздуха ниже биологического нуля озимых культур в среднем в 2 раза. Это связано с его частичным сбросом вниз по профилю и процессом денитрификации. К началу вегетации 2019 г. содержание нитратного азота уменьшилось, по сравнению с позднеосенним, в 3 раза (до 4,57 мг/кг). В то время как нитрификационная способность возросла до 13,74 мг/кг. По мере роста и развития культуры приток биологического азота осуществлялся в результате реализации нитрификационной способности при сохранении гомеостатического содержания нитратного азота в почве (2,7 мг/кг). После уборки урожая к концу августа отмечали накопление нитратного азота до 6,36 мг/кг.

Таким образом, результаты исследований доказали возможность использования нитрификационной способности почвы как для целей мониторинга плодородия почвы, так и для краткосрочного агрономического планирования.

В условиях аридного климата потенциальная нитрификационная способность начинает формироваться после полного оттаивания почвы и достигает максимального уровня при возрастании суммы активных температур выше 5 °С на глубине почвы 20 см до 20 °С и прогревании верхнего слоя почвы (0...5 см) до 15...17 °С.

Отбирать почвенные образцы для диагностики азотного питания озимой пшеницы в связи с формированием нитрификационной способности целесообразно в фазе трубкования – начала колошения. В этот период вегетации нитрификационная способность положительно коррелирует с урожайностью зерна ( $r=0,98$ ).

#### Литература.

1. Кирюшин В. И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // *Почвоведение*. 2020. №7. С. 871-879. doi: 10.31857/S0032180X20070060.

2. *Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения*. М.: «Росинформагротех», 2003. 240 с.
3. Новосёлов С.И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы // *Вестник Марийского государственного университета*. 2015. № 4. С. 42-46.
4. Сайфуллина Л.В. Формирование азотного режима в паровых полях степной зоны Нижнего Поволжья / Л.Б. Сайфуллина, Ю.Ф. Курдюков, Г.В. Шубитидзе и др. // *Успехи современного естествознания*. 2018. №5. С. 50-56.
5. Макаров В.И. Нитрификационная способность почв Удмуртии // *Плодородие*. 2016. №6. С. 42-44.
6. Горянин О.И., Чичкин А.П., Джангабаев Б.Ж. Оптимальные параметры агроценозов, средообразующих факторов и агротехнологий возделывания озимой пшеницы в Самарском Заволжье // *Достижения науки и техники АПК* 2014, № 10, стр. 18-21.
7. Методы оценки и прогноза агроклиматических и почвенных показателей в агроландшафтах / В.М. Гончаров, Е.В. Шейн, С.И. Зинченко и др. Владимир: Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 172 с.
8. Левицкая Н.Г., Демакина И.И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий // *Успехи современного естествознания*. 2019. №10. С. 7-12. doi: 10.17513/use.37206.
9. Чернов Т.И., Железова А. Д. Динамика микробных сообществ почвы в различных диапазонах времени (обзор) // *Почвоведение*. 2020. № 5. С. 590-600. doi: 10.31857/S0032180X20050044.
10. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т.Г. Добровольская, Д. Г. Звягинцев, И. Ю. Чернов и др. // *Почвоведение*. 2015. № 9. С. 1087–1096.
11. High soil microbial activity in the winter season enhances nitrogen cycling in a cool-temperate deciduous forest / K. Isobe, H. Oka, T. Watanabe, et al. // *Soil Biology Biochemistry* 2018. Vol. 124. P. 90–100.
12. Microbial community and the analysis of microbiological processes in soddy-podzolic soil / R.S. Kutuzova, L.B. Sirota, O.V. Orlova, et al. // *Eurasian Soil Science*. 2001. Vol. 34. No. 3. P. 286-297.

Поступила в редакцию 27.03.2022

После доработки 22.04.2022

Принята к публикации 05.05.2022