
МАТЕРИАЛЫ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО СЕМИНАРА «ПРОБЛЕМА АЗОТА В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ»

Научная статья/Research Article

УДК 631.51.01; 631.416.1

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-149-154

Наталья Леонидовна Кураченко^{1✉}, Алексей Сергеевич Колесников²

¹Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

²Восточно-Сибирское представительство АО «Щелково Агрохим»

¹kurachenko@mail.ru

²vozdroydenie124@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПАРОВЫХ ПОЛЕЙ НА РЕЖИМ НИТРАТНОГО АЗОТА В АГРОЧЕРНОЗЕМЕ

Цель исследования – оценить влияние приемов основной обработки паровых полей на режим нитратного азота в агрочерноземе Красноярской лесостепи. Исследования проведены в 2013–2015 гг. в полевом опыте в условиях стационара «Минино» Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенного в Красноярской лесостепи. Объекты исследования – агрочернозем криогенно-мицелярный маломощный среднесуглинистый и паровые поля пятипольного полевого севооборота (пар – пшеница – рапс – ячмень – овес). Дана оценка влияния приемов основной обработки паровых полей на режим нитратного азота. Исследование проведено на трех блоках основной обработки почвы: 1 – отвальная обработка (вспашка черного пара ПЛН-4-35 на глубину 20–22 см); 2 – минимальная мелкая обработка (осеннее дискование черного пара культиватором Rubin 9600KU на глубину 10–12 см); 3 – нулевая обработка (химический пар). Почвенные образцы отбирали в слоях 0–10, 10–20 см. Сроки отбора образцов – июнь, июль и август. В почвенных смешанных образцах, составленных из 10 индивидуальных проб, определяли нитратный азот с помощью ион-селективного электрода. Установлено, что отвальная вспашка и минимальная мелкая обработка паровых полей формируют очень высокую (21 мг/кг) и повышенную (15 мг/кг) обеспеченность нитратным азотом 0–20 см слоя агрочернозема. В условиях нулевой обработки паровых полей уровень обеспеченности нитратным азотом в среднем за период исследования оценивался на среднем уровне (10 мг/кг). Отмечена дифференциация 0–20 см слоя агрочернозема с накоплением нитратного азота в слое 10–20 см в зависимости от приема обработки. Разница между слоями 0–10 и 10–20 см агрочернозема по содержанию N-NO₃ на вспашке составила 4 мг/кг, на нулевой обработке – 3 мг/кг.

Ключевые слова: агрочернозем, отвальная обработка, минимальная обработка, нулевая обработка, чистый пар, нитратный азот

Для цитирования: Кураченко Н.Л., Колесников А.С. Влияние приемов основной обработки паровых полей на режим нитратного азота в агрочерноземе // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 149–154. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-149-154.

Natalya Leonidovna Kurachenko^{1✉}, Alexey Sergeevich Kolesnikov²

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²East Siberian representative office of JSC Shchelkovo Agrokhim

¹kurachenko@mail.ru

²vozdroydenie124@mail.ru

INFLUENCE OF BASIC TREATMENT TECHNIQUES OF FALLOW FIELDS ON THE NITRATE NITROGEN REGIME IN AGROCHERNOZEM

The purpose of the study is to evaluate the influence of methods of basic treatment of fallow fields on the regime of nitrate nitrogen in the agrochernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe. The studies were conducted in 2013–2015 in a field experiment in the conditions of the Minino station of the Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, located in the Krasnoyarsk forest-steppe. The objects of the study are cryogenic-mycelial thin agrochernozem, medium-loamy, and fallow fields of five-field field crop rotation (fallow – wheat – rapeseed – barley – oats). An assessment is made of the influence of methods of basic treatment of fallow fields on the nitrate nitrogen regime. The study was carried out on three blocks of main soil cultivation: 1 – moldboard cultivation (plowing black fallow PLN-4-35 to a depth of 20–22 cm); 2 – minimal shallow cultivation (autumn disking of black fallow with a Rubin 9600KU cultivator to a depth of 10–12 cm); 3 – zero treatment (chemical fallow). Soil samples were taken in layers of 0–10, 10–20 cm. The sampling periods were June, July and August. In mixed soil samples composed of 10 individual samples, nitrate nitrogen was determined using an ion-selective electrode. It has been established that moldboard plowing and minimal shallow cultivation of fallow fields form a very high (21 mg/kg) and increased (15 mg/kg) supply of nitrate nitrogen to the 0–20 cm layer of agrochernozem. Under conditions of zero tillage of fallow fields, the level of nitrate nitrogen supply on average during the study period was estimated at an average level (10 mg/kg). Differentiation was noted in the 0–20 cm layer of agrochernozem with the accumulation of nitrate nitrogen in the 10–20 cm layer, depending on the treatment method. The difference between the layers of 0–10 and 10–20 cm of agrochernozem in N-NO₃ content was 4 mg/kg during plowing and 3 mg/kg during no-tillage.

Keywords: agrochernozem, dump tillage, minimal tillage, zero tillage, pure fallow, nitrate nitrogen

For citation: Kurachenko N.L., Kolesnikov A.S. Influence of basic treatment techniques of fallow fields on the nitrate nitrogen regime in agrochernozem // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 149–154. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-149-154.

Введение. Систематические обработки почв, возделывание сельскохозяйственных культур, применение удобрений, средств защиты, эрозийные процессы приводят к существенным изменениям агрохимических свойств. При этом трансформационные процессы, влияющие на плодородие почв, могут иметь как положительную, так и отрицательную направленность.

В современных условиях важным направлением совершенствования зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур должна стать разработка эффективных ресурсосберегающих приемов. В основу рациональных систем обработки должны быть положены принципы разноглубинности, минимизации и ресурсосбережения в зависимости от природно-климатических особенностей регионов, севооборота, засоренности посевов и других условий [1–5]. Кроме снижения экономических затрат целесообразность таких приемов связана прежде всего с накоплением в почве органического вещества и изменением пищевого режима почв. Они определяют направленность биологических процессов и мобилизацию питательных веществ.

В условиях земледельческой части Красноярского края лимитирующим фактором служит

содержание нитратного азота в почвах [6–8]. В связи с этим актуальность исследований обусловлена необходимостью получения достоверных сведений о количественном содержании и динамике изменения нитратного азота в условиях отвальной обработки и ресурсосберегающих технологий обработки паровых полей.

Цель исследования – оценить влияние приемов основной обработки паровых полей на режим нитратного азота в агроchernоземе Красноярской лесостепи.

Объекты и методы. Исследование проведено в 2013–2015 гг. в полевом опыте в условиях стационара «Минино» Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства, расположенного в Красноярской лесостепи. Объекты исследования – агроchernозем криогенно-мицелярный маломощный среднесуглинистый и паровые поля пятипольного полевого севооборота (пар – пшеница – рапс – ячмень – овес). Почва опытного участка в слое 0–20 см характеризовалась высоким содержанием гумуса (7,9–9,6 %), слабощелочной реакцией среды (рН_{NH2O} – 7,1–7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0–45,2 м-экв/100 г).

Исследование проведено на трех блоках основной обработки почвы: 1 – отвальная обра-

ботка (вспашка черного пара ПЛН-4-35 на глубину 20–22 см); 2 – минимальная мелкая обработка (осеннее дискование черного пара культиватором Rubin 9600KU на глубину 10–12 см); 3 – нулевая обработка (химический пар). Технология подготовки черного пара по вспашке и минимальной обработке включала две культивации КТС-4. Химический пар подвергался двухкратному опрыскиванию сорняков гербицидом «Магнум» в дозе 0,01 кг/га против доминирующих широколиственных сорняков.

Размещение вариантов опыта – систематическое, повторность – 3-кратная. Учетная площадь делянки – 100 м². Повторность отбора образцов и аналитических определений – 3-кратная. Почвенные образцы отбирали в слоях 0–10, 10–20 см. Сроки отбора образцов были приурочены к фазам развития культуры: всходы (июнь), колошение (июль), молочная спелость (август). В почвенных смешанных образцах, составленных из 10 индивидуальных проб, определяли нитратный азот с помощью ион-селективного электрода. Результаты аналитических определений обработаны методами дисперсионного анализа и описательной статистики [9].

Погодные условия вегетационного сезона 2013 г. характеризовались как избыточно увлажненные. Сумма осадков за период июнь–август составила 156 % к норме. Средняя температура воздуха за период наблюдений не превышала 16 °С и соответствовала средне-многолетним данным. Условия вегетационного сезона 2014 г. отличались также избыточным увлажнением в мае–августе (среднее превышение нормы на 30–40 мм) и резким снижением количества осадков в сентябре (16 мм ниже нормы). Весна была холодной, средняя температура мая 7,3 °С, что ниже нормы на 2,7 °С. В остальные месяцы вегетационного периода температура атмосферного воздуха была на уровне среднемноголетнего показателя. Вегетационный сезон 2015 г. по температурному режиму соответствовал среднемноголетним данным. Средняя температура воздуха за период наблюдений составила 15 °С и превышала среднемноголетнее значение на 1 °С. Сумма осадков за период май–сентябрь составила 207 мм, что ниже нормы на 26 мм. Избыточное увлажнение отмечалось только в июньский период (среднее превышение нормы на 27 мм).

Результаты и их обсуждение. Нитраты являются наиболее подвижной формой азота и представляют собой конечный продукт минерализации органического азотсодержащего веще-

ства. Среднее содержание нитратного азота, по данным Г.П. Гамзикова [10], в слое 0–40 см черноземов Западной Сибири составляет 13,2 мг/кг в выщелоченных, 12,7 мг/кг – в обыкновенных, 11,2 мг/кг – в южных. Однако количество нитратного азота в пахотных почвах в течение вегетационного периода сильно варьирует в зависимости от интенсивности процессов нитратообразования, которые, в свою очередь, определяются погодными и агротехническими условиями, биологическими особенностями возделываемых культур. Нитратная форма, в отличие от аммонийной, хорошо отражает перестройку биологической жизни почвы.

Наблюдения за динамикой нитратного азота в агрочерноземе криогенно-мицелярном показали, что в паровых полях складывались благоприятные условия для накопления нитратного азота. Паровое поле, в отличие от занятого сельскохозяйственными культурами, по мнению И.Н. Шаркова с соавторами [11], представляется наиболее подходящим местом в севообороте для сравнительного изучения процессов минерализации почвенного азота по вариантам опыта.

Обследование паровых полей, проведенное в июне месяце 2013 г., показало, что сокращение числа и глубины обработок приводит к снижению содержания нитратного азота в 0–20 см слое почвы. Так, в поле пара, обработанном с осени плугом, в этот период отмечалась очень высокая обеспеченность нитратным азотом (33 мг/кг). На минимальной обработке концентрация нитратного азота характеризовалась повышенной обеспеченностью (13 мг/кг), в поле химического пара – низкой (8 мг/кг). Высокая и очень высокая обеспеченность нитратным азотом сохранялась и в июльский период. Различия в содержании нитратного азота в почве между вариантами обработки нивелировались в августовский период (11–12 мг/кг; $F_f < F_t$). По мнению И.Н. Шаркова с соавт. [11], причина замедленных темпов накопления нитратного азота на безотвальных фонах обработки почвы в первую половину вегетационного периода может быть обусловлена различиями в температурном режиме почвы при относительном дефиците в ней легкоминерализуемого органического вещества.

Ход сезонной динамики нитратного азота паровых полей в вегетационный сезон 2014 и 2015 гг. имел схожую направленность. Повышенная обеспеченность нитратным азотом паровых полей установлена при обработке почвы плугом (16 мг/кг). На минимальной обработке

содержание нитратного азота характеризовалось средней обеспеченностью (9 мг/кг), на нулевой – низкой (8 мг/кг). В динамике нитратонакопления выделяется июльский период с очень высокой обеспеченностью паровых полей (14–33 мг/кг) и отсутствием достоверных различий между вариантами основной обработки почвы в 2014 г. ($F_f < F_t$).

Определение статистических показателей содержания нитратного азота в агрочерноземе в

среднем за вегетационный период показало, что оно определялось способом обработки почвы. Отвальная обработка паровых полей определяла в среднем очень высокую и высокую обеспеченность нитратным азотом 0–20 см слоя агрочернозема (20–21 мг/кг), минимальная – повышенную (14–15 мг/кг), нулевая – низкую и среднюю (8–12 мг/кг) (табл.).

Статистические показатели содержания нитратного азота в агрочерноземе паровых полей, мг/кг

Прием обработки	Слой почвы, см	2013 г. (n = 3)		2014 г. (n = 3)		2015 г. (n = 3)	
		X	Cv, %	X	Cv, %	X	Cv, %
Отвальная	0–10	17,6	46	17,7	50	19,4	61
	10–20	24,1	50	22,1	39	20,7	48
Минимальная	0–10	14,3	33	14,3	84	13,7	77
	10–20	16,3	50	13,8	85	13,9	81
Нулевая	0–10	6,9	14	8,5	46	9,4	45
	10–20	8,0	38	15,2	107	10,3	57

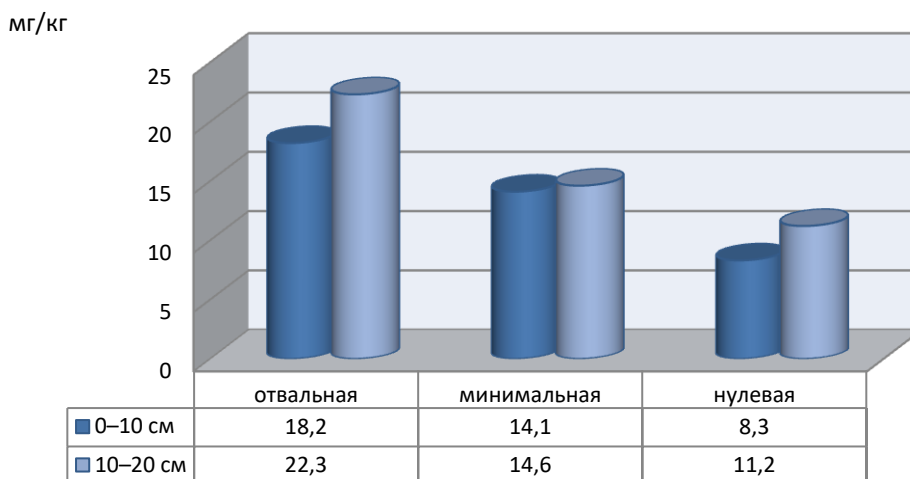
Снижение обеспеченности нитратным азотом при сокращении глубины обработки почвы связано с наличием пожнивных остатков предшествующей культуры в верхнем слое почвы, замедляющих ее прогревание и способствующих иммобилизации доступного азота микроорганизмам при разложении растительных остатков с широким отношением C:N. По данным Г.Г. Морковкина и др. [12], почва без обработки во влажные годы существенно замедляет нитрификационную активность, что объясняется нарушением водно-воздушного режима из-за уплотнения почвы, относительно высокой влажности и, как следствие, слабой аэрации почв.

Исследованиями показано, что применение отвальной и нулевой обработок паровых полей привело к существенной дифференциации пахотного слоя почвы по содержанию нитратного азота (рис.). Такие способы основной обработки почвы определили преимущественное накопление нитратного азота в агрочерноземе на глубине 10–20 см на 3–4 мг/кг больше по сравнению с поверхностным слоем.

Таким образом, вспашка и минимальная обработка агрочерноземов создают оптимальную бактериальную обстановку и обеспечивают растения нитратным азотом. Н.Л. Кураченко и А.А. Колесник [13] доказано, что перераспределение растительных остатков в пользу верхней

части пахотного слоя в условиях минимальной обработки способствовало повышенному содержанию нитратного азота в 0–10 см слое почвы посевов яровой пшеницы. При применении прямого посева пшеницы 25 % объема выборки значений нитратного азота в пространстве имели показатели, приближавшиеся к минимальной величине.

Исследованиями В.В. Немченко с соавторами [14] установлено, что при паровании в слое 0–10 см накопление нитратного азота на фоне безотвального рыхления было на 10 %, на нулевой обработке – на 20 % ниже, чем на вспашке. Установлено, что плоскорезная и нулевая обработки чернозема выщелоченного в первой половине вегетационного периода сдерживают минерализацию почвенного азота. Выравнивание содержания нитратов в слое 0–30 см происходит только к 20–30 июля за счет опережающих темпов минерализации почвенного азота в верхнем слое стерневых фонов. Размещение пожнивных остатков в верхней части пахотного горизонта при мелком и глубоком рыхлении почвы сдерживает прогревание почвы весной, а более плотное сложение уменьшает аэрацию. При этом усиливается деятельность целлюлолитических микроорганизмов, а процессы нитрификации снижаются.



Содержание нитратного азота в агрочерноземе паровых полей (2013–2015 гг.)
(НСП₀₅ фактор А – обработка = 3,7; фактор Б – слой = 3,0), мг/кг

Заключение. Ход сезонной динамики нитратного азота в почве паровых полей определялся погодными условиями вегетационных сезонов и приемами основной обработки ($C_v = 14\text{--}107\%$). В паровых полях складывались благоприятные условия для нитрификации и накопления нитратного азота. Его содержание в 0–20 см слое агрочернозема на отвальной обработке плугом характеризовалось как очень высокое (21 мг/кг), на минимальной мелкой обработке – повышенное (15 мг/кг), на нулевой – среднее (10 мг/кг). На фоне отвальной и нулевой обработок отмечена существенная дифференциация 0–20 см слоя почвы по содержанию нитратного азота, проявляющаяся в достоверном накоплении нитратного азота в 10–20 см слое агрочернозема.

Список источников

1. Митрофанов Ю.И. Ресурсосберегающая обработка почвы под озимую рожь на осушаемых землях // Земледелие. 2010. № 5. С. 15–16.
2. Кураченко Н.Л., Картавых А.А., Ржевская Н.И. Запасы продуктивной влаги в агроценозах пшеницы, возделываемых по ресурсосберегающим технологиям // Вестник КрасГАУ. 2014. № 5 (92). С. 58–63.
3. Изченко В.К., Михайлова З.И. Влияние различных приемов обработок почвы и средств интенсификации на продуктивность зерновых культур // Вестник КрасГАУ. 2017. № 4. С. 3–10.
4. Изченко В.К., Полосина В.А., Штеле А.А. Влияние приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2019. № 7. С. 50–58.
5. Едimeiчев Ю.Ф., Шпедт А.А. Агроэкологические проблемы земледелия и пути решения в Красноярском крае // Научно-практические аспекты развития АПК: мат-лы нац. науч. конф. Красноярск, 2020. С. 81–85.
6. Картавых В.В., Шпедт А.А. Оценка плодородия пахотных почв по содержанию органического вещества и нитратного азота в условиях Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2014. № 6 (93). С. 64–69.
7. Кайль А.В. Влияние традиционной и минимальной систем обработки почвы на содержание в почве нитратного азота // Вестник КрасГАУ. 2019. № 2 (143). С. 191–198.
8. Кураченко Н.Л., Болп В.Л. Режим нитратного азота в черноземе при возделывании многолетних трав // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 29–33.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
10. Гамзиков Г.П. Пути рационального использования плодородия почв и удобрений // Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений. Новосибирск: Наука, 1989. С. 220–227.
11. Особенности минерализации почвенного азота при минимизации зяблевой обработки выщелоченного чернозема в Западной Сибири / И.Н. Шарков [и др.] // Агрохимия. 2007. № 6. С. 14–21.
12. Морковкин Г.Г., Совриков А.Б., Мальцев М.И. Влияние приемов осенней обработки почвы и погодных условий на формирование пищево-

- го режима черноземов выщелоченных в условиях Высокого Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 10 (132). С. 29–34.
13. Кураченко Н.Л., Колесник А.А. Содержание и пространственное распределение подвижных элементов питания агрочерноземов в зависимости от способов основной обработки почвы // Агрохимия. 2020. № 7. С. 11–16.
 14. Система защиты растений в ресурсосберегающих технологиях / В.В. Немченко [и др.]. Куртамыш: Куртамышская типография, 2011. 525 с.
- References**
1. Mitrofanov Yu.I. Resursosberegayuschaya obrabotka pochvy pod ozimuyu rozh' na osushaemyh zemlyah // Zemledelie. 2010. № 5. S. 15–16.
 2. Kurachenko N.L., Kartavyh A.A., Rzhetskaya N.I. Zapasy produktivnoj vlagi v agrocenozah pshenicy, vzdelyvaemyh po resursosberegayuschim tehnologiyam // Vestnik KrasGAU. 2014. № 5 (92). S. 58–63.
 3. Ivchenko V.K., Mihajlova Z.I. Vliyanie razlichnyh priemov obrabotok pochvy i sredstv intensivizatsii na produktivnost' zernovyh kul'tur // Vestnik KrasGAU. 2017. № 4. S. 3–10.
 4. Ivchenko V.K., Polosina V.A., Shtele A.A. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy na agrofizicheskie pokazateli chernozema vyschelochennogo Krasnoyarskoj lesostepi // Vestnik KrasGAU. 2019. № 7. S. 50–58.
 5. Edimeichev Yu.F., Shpedt A.A. Agro`ekologicheskie problemy zemledeliya i puti resheniya v Krasnoyarskom krae // Nauchno-prakticheskie aspekty razvitiya APK: mat-ly nac. nauch. konf. Krasnoyarsk, 2020. S. 81–85.
 6. Kartavyh V.V., Shpedt A.A. Ocenka plodorodiyah pahotnyh pochv po sodержaniyu organicheskogo veschestva i nitratnogo azota v usloviyah Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2014. № 6 (93). S. 64–69.
 7. Kajl' A.V. Vliyanie tradicionnoj i minimal'noj sistem obrabotki pochvy na sodержanie v pochve nitratnogo azota // Vestnik KrasGAU. 2019. № 2(143). S. 191–198.
 8. Kurachenko N.L., Bopp V.L. Rezhim nitratnogo azota v chernozeme pri vzdelyvanii mnogoletnih trav // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 9. S. 29–33.
 9. Dospëhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Al'yans, 2014. 351 s.
 10. Gamzikov G.P. Puti racional'nogo ispol'zovaniya plodorodiyah pochv i udobrenij // Agrohimiicheskie svoystva pochv i `effektivnost' udobrenij. Novosibirsk: Nauka, 1989. S. 220–227.
 11. Osobennosti mineralizatsii pochvennogo azota pri minimizatsii zryablevoj obrabotki vyschelochennogo chernozema v Zapadnoj Sibiri / I.N. Sharkov [i dr.] // Agrohimiya. 2007. № 6. S. 14–21.
 12. Morkovkin G.G., Sovrikov A.B., Mal'cev M.I. Vliyanie priemov osennej obrabotki pochvy i pogodnyh uslovij na formirovanie pishevogo rezhima chernozemov vyschelochennyh v usloviyah Vysokogo Altajskogo Priob'ya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 10 (132). S. 29–34.
 13. Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Soderzhanie i prostranstvennoe raspredelenie podvizhnyh `elementov pitaniya agrochernozemov v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy // Agrohimiya. 2020. № 7. S. 11–16.
 14. Sistema zaschity rastenij v resursosberegayuschih tehnologiyah / V.V. Nemchenko [i dr.]. Kurtamysh: Kurtamyshskaya tipografiya, 2011. 525 s.

Статья принята к публикации 09.10.2023 / The article accepted for publication 09.10.2023.

Информация об авторах:

Наталья Леонидовна Кураченко¹, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, профессор

Алексей Сергеевич Колесников², старший менеджер, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Natalya Leonidovna Kurachenko¹, Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences, Professor

Alexey Sergeevich Kolesnikov², Senior Manager, Candidate of Agricultural Sciences