

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД ОЗИМОЙ РЖИ

Н.Е. Завьялова, доктор биологических наук, О.В. Иванова

Пермский научно-исследовательский институт
Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН,
614532, Пермский край, с. Лобаново, ул. Культуры, 12
E-mail: nezavyalova@gmail.com

Изучено влияние длительного применения возрастающих доз NPK на накопление доступных для растений форм азота, фосфора и калия в паровом поле севооборота и изменение этих показателей в течение вегетационного периода озимой ржи. Установлено, что содержание подвижного фосфора (148–540 мг/кг) и обменного калия (138–403 мг/кг) в зависимости от варианта длительного опыта было высоким и очень высоким перед посевом озимой ржи и в течение всего периода роста и развития растений. Динамика нитратного азота в паровом поле характеризовалась варьированием этого показателя в начале и конце июня от низкого (3,4–4,3 мг/кг) до среднего (12,9–17,3 мг/кг) значения в зависимости от варианта и высокого – в августе (13,0–18,8 мг/кг) по шкале Кравкова. Отмечена тенденция снижения актуальной целлюлолитической активности при повышении дозы полного минерального удобрения. Выявлено уменьшение минерального азота в почве в 3,5–4,0 раза от посева к уборке культуры. В условиях холодного и переувлажненного вегетационного периода 2019 г. сформировался не высокий урожай озимой ржи – 2,79–3,59 т/га ($F_f < F_m$), его величина практически не зависела от дозы удобрений.

CHANGE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOIL IN THE VEGETATION PERIOD OF WINTER RYE

Zavyalova N.E., Ivanova O.V.

Perm Research Institute of Agriculture
of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
614532, Permskiy kray, Lobanovo, ul. Kultura, 12
E-mail: nezavyalova@gmail.com

We studied the effect of prolonged use of increasing doses of NPK on the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium forms available to plants in the steam field of crop rotation and the change in these parameters during the growing season of winter rye. It was established that the content of mobile phosphorus (148–540 mg / kg) and exchange potassium (138–403 mg / kg), depending on the long-term experience options, was high and very high before sowing winter rye and throughout the entire period of plant growth and development. The dynamics of nitrate nitrogen in the vapor field was characterized by a variation in this indicator at the beginning and end of June from low (3.4–4.3 mg / kg) to medium (12.9–17.3 mg / kg) depending on the experimental options and high - in August (13.0–18.8 mg / kg) according to the Kravkov scale. A tendency toward a decrease in actual cellulolytic activity with an increase in the dose of complete mineral fertilizer was noted. A decrease in mineral nitrogen in the soil by 3.5 to 4.0 times from sowing to harvesting winter rye was revealed. In the conditions of the cold and waterlogged vegetation period of 2019, a low winter rye crop of 2.79–3.59 t / ha ($F_f < F_t$) was formed, its value was practically independent of the dose of fertilizers applied.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, паровое поле, элементы питания, нитрификация

Key words: sod-podzolic soil, steam field, nutrients, nitrification

Озимая рожь – важнейшая продовольственная и кормовая культура, менее требовательная к почвенным и климатическим условиям, чем другие зерновые. Ее возделывают в Кировской области, Удмуртской республике, Пермском крае и других регионах, где преобладают низко плодородные почвы. Однако в последнее время площади посевов ржи сокращаются [1]. Высокая и стабильная продуктивность подзолистых почв, которые преобладают в Пермском крае и характеризуются низким естественным плодородием, в условиях короткого вегетационного периода и дефицита тепла возможна при систематическом научно обоснованном применении агрохимических средств [2–4]. Озимая рожь хорошо отзывается на минеральные удобрения. По данным ученых [5–7], 30–35% всего азота и четверть (22–27%) фосфора и калия, используемых на формирование урожая, рожь потребляет в период появления всходов до окончания осеннего кушения. В паровом поле складываются наиболее благоприятные условия для минерализации органических остатков предшествующей культуры и наиболее эффективно протекают процессы нитрификации [8–11]. При соблюдении технологии обработки пара под влиянием естественного увлажнения и периодических механических обработок в дерново-подзолистых почвах содержание

минерального азота всегда выше, чем в других полях севооборота. Однако его не хватает для формирования полноценного урожая. Под культуры, высеваемые по пару, необходимо дополнительно вносить органические или минеральные удобрения [12].

Цель настоящей работы – дать характеристику обеспеченности дерново-подзолистой почвы длительной стационарной опытной подвижными формами азота, фосфора и калия в период вегетации озимой ржи.

Методика. Исследования проведены в 2018–2019 гг. в полевых условиях на базе Пермского НИИ сельского хозяйства Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН в длительном стационарном опыте, заложенном на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в 1978 г. Наблюдения за почвой проводили в 8-польном севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар, озимая рожь, картофель, пшеница, клевер 1 г.п., клевер 2 г.п., ячмень, овес. Варианты опыта включали 6 уровней минерального питания: $(NPK)_0$; $(NPK)_{30}$; $(NPK)_{60}$; $(NPK)_{90}$; $(NPK)_{120}$; $(NPK)_{150}$. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру или мочевины, простой суперфосфат и хлористый калий. На момент закладки опыта почва имела следующие усредненные агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,6; гидролитическая кислотность – 2,0, обменная –

Табл. 1. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы после пятой ротации севооборота (0-20 см)

| Вариант | рН _{KCl} | ммоль/100 г | | | | мг/кг | | Гумус % |
|----------------------|-------------------|-------------|-----|------|-----|-------------------------------|------------------|---------|
| | | S | Hг | Ca | Mg | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| (NPK) ₀ | 5,1 | 21,4 | 2,2 | 13,8 | 1,8 | 160 | 144 | 1,83 |
| (NPK) ₃₀ | 5,0 | 23,8 | 1,9 | 14,7 | 2,1 | 248 | 151 | 1,89 |
| (NPK) ₆₀ | 4,9 | 22,6 | 2,6 | 13,8 | 1,8 | 267 | 185 | 2,20 |
| (NPK) ₉₀ | 4,9 | 21,5 | 2,8 | 13,9 | 2,3 | 305 | 213 | 2,15 |
| (NPK) ₁₂₀ | 4,9 | 21,2 | 2,4 | 14,9 | 2,0 | 370 | 284 | 2,16 |
| (NPK) ₁₅₀ | 4,7 | 21,5 | 3,7 | 15,2 | 2,4 | 450 | 367 | 2,27 |
| HCP ₀₅ | 0,2 | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 0,2 | 24 | 20 | 0,13 |

0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 ммоль/100 г почвы, содержание гумуса по Тюрину – 2,12%, подвижного фосфора в пахотном слое – 175, обменного калия – 203 мг/кг почвы (по Кирсанову). Известкование почвы проводили перед закладкой опыта в 1978 г. по 1,0 г.к. Опыт заложен в 2-кратной повторности, размещен в вариантах рендомизированное. Общая площадь делянки составляла 120 м², учетная – 76,4 м². В 2018 г. исследования проводили в чистом пару. Агрохимические показатели определяли по общепринятым методикам, нитрифицирующую способность почвы – по методу Кравкова в модификации Болотиной и Абрамовой, степень разложения клетчатки – методом «аппликаций» [13]. Математическая обработка результатов выполнена по Б.А. Доспехову. В вегетационный период 2018-2019 гг. возделывали озимую рожь сорта Фаленская 4.

Перезимовка озимых культур и многолетних трав в Пермском крае в целом завершалась при удовлетворительных условиях. Сход устойчивого снежного покрова наблюдали в сроки, близкие к средним многолетним датам: 15-22 апреля. Средняя температура воздуха в мае составила 13 °С, что на 2,2 °С выше климатической нормы. Осадков за месяц выпало чуть больше обычного 64 мм – 112% от нормы. В первой половине мая преобладала теплая, в отдельные дни жаркая погода, во второй – холодная, с ночными заморозками. В конце месяца сложилось опасное агрометеорологическое явление – переувлажнение почвы. Лето 2019 г. отличалось аномальными погодными условиями – низким температурным фоном и большим количеством осадков. Такие погодные условия привели к переувлажнению почвы. Средняя месячная температура воздуха в июне составила 15 °С, что на 1,5 °С ниже средних многолетних значений. За месяц выпало 69 мм осадков, что меньше нормы (85%). Июль был с экстремальным количеством осадков и достаточно низким температурным фоном. Средняя месячная температура воздуха составила 16,9 °С, ниже климатической нормы на 1,7 °С, сумма осадков за месяц – 136 мм – почти две месячные нормы. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур проходило в условиях пониженного уровня тепла и достаточной, местами избыточной, влагообеспеченности. У озимых культур в середине июля отмечена фаза молочной спелости (норма). К 20-м числам наступила фаза восковой спелости, на 7-10 дней раньше, чем обычно. Август был холодным и дождливым. Средняя месячная температура воздуха составила 13,7 °С, на 1,6 °С ниже климатической нормы. Наиболее холодной была первая декада, ниже средних показателей на 4,4 °С. Месяц отличался частыми сильными дождями с суммой осадков 233 мм, или 306% от среднего многолетнего значения.

Результаты и обсуждение. Агрохимические свойства верхнего (0-20 см) слоя дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы после пятой ротации севооборота (после уборки овса) представлены в табл. 1. В течение 40 лет ведения стационарного опыта систематически применяли возрастающие дозы полного минерального удобрения (NPK) под зерновые культуры и картофель. В 2018 г. в паровом поле согласно схеме опыта были внесены минеральные удобрения под озимую рожь. В пахотном слое (0-20 см) почвы в варианте (NPK)₁₅₀ реакция среды рН_{KCl} изменилась с 5,6, при закладке опыта до 4,7. Отмечена тенденция к подкислению почвы в контрольном варианте – снижение рН_{KCl} на 0,5 единиц. Гидролитическая кислотность увели-

чилась с 2,0 в исходной почве до 2,2 в контроле и 3,7 ммоль/100 г при внесении максимальной дозы NPK.

Содержание гумуса в контроле за 40 лет ведения опыта уменьшилось на 13,7 % от исходного и составило 1,83%, что связано прежде всего с интенсивной минерализацией трансформируемых активных компонентов гумуса при малом количестве свежего органического вещества, поступающего в почву при возделывании сельскохозяйственных культур без внесения минеральных и органических удобрений. Содержание подвижного фосфора в паровом поле по Кирсанову в контрольном варианте уменьшилось незначительно по сравнению с исходным уровнем, калия – на 59 мг/кг (HCP₀₅=0,20). Минеральные удобрения в дозах NPK от 60 до 150 кг д.в./га способствовали сохранению исходного содержания гумуса в почве (2,15-2,20%, HCP₀₅=0,13). Почва в вариантах с удобрениями характеризовалась высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора и калия в пахотном горизонте – соответственно 248-450 и 151-367 мг/кг. Содержание обменного кальция и магния было характерным для пахотных дерново-подзолистых почв Предуралья.

Обработка почвы парового поля путем создания благоприятных условий для жизнедеятельности полезных микроорганизмов, осуществляющих перевод элементов питания в доступную форму, имеет важное значение для формирования будущего урожая озимой культуры. Биологическая активность почвы тесно связана с почвенным плодородием, служит его надежным индикатором. К показателям биологической активности относят скорость разложения целлюлозы и нитрифицирующую способность почвы (табл. 2). Эти показатели характеризуют прежде всего условия жизнедеятельности микроорганизмов и наличие минерального азота в почве.

Установлено, что нитрифицирующие процессы усиливаются в парующем поле [14]. Содержание нитратов и потенциальную нитрифицирующую способность почвы определяли в динамике. Динамика нитратного азота в полевом стационарном опыте характеризовалась варьированием этого показателя в начале и конце июня от низкого (3,4-4,3 мг/кг) до среднего (12,9-17,3 мг/кг) в зависимости от варианта и высокого – в августе (13,0-18,8 мг/кг) по шкале Кравкова [15]. Возможно, это связано с активизацией процессов минерализации органического вещества и азота почвы после обработки паров (вспашка, культивация) в конце июня. Процесс накопления нитратов в чистом пару зависит также от повышения среднемесячной температуры воздуха, которая изменялась от 8,9 в мае до 20,5 °С в июле. Закономерность в соотношении нитратного и аммонийного азота следующая: минеральный азот представлен боль-

Табл. 2. Динамика минерального азота и степень разложения клетчатки в пахотной дерново-подзолистой почве

| Вариант | Динамика минерального азота, мг/кг | | | | | | Актуальная целлюлозолитическая активность, % |
|----------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| | 04.06.18 | | 24.06.18 | | 15.08.18 | | |
| | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ | N-NO ₃ | N-NH ₄ | N-NO ₃ | |
| (NPK) ₀ | 10,9 | 5,0 | 18,3 | 3,4 | 18,0 | 17,0 | 62,3 |
| (NPK) ₃₀ | 9,8 | 4,3 | 17,0 | 3,6 | 21,1 | 13,0 | 62,5 |
| (NPK) ₆₀ | 9,9 | 9,3 | 18,3 | 7,8 | 20,5 | 18,8 | 56,7 |
| (NPK) ₉₀ | 13,4 | 18,6 | 22,2 | 6,8 | 21,2 | 17,1 | 47,7 |
| (NPK) ₁₂₀ | 12,1 | 8,8 | 18,1 | 15,5 | 20,9 | 16,8 | 40,3 |
| (NPK) ₁₅₀ | 14,7 | 12,9 | 16,6 | 17,3 | 18,1 | 17,8 | 41,6 |
| HCP ₀₅ | 2,4 | 1,7 | 2,9 | 3,3 | 3,7 | 3,6 | 9,3 |

шей частью аммонийной формой, доля которой изменялась в зависимости от периода вегетации и варианта опыта. В первой фазе отбора содержание N-NH₄ было в 2 раза выше, чем нитратного азота в варианте без удобрений и (NPK)₃₀. При более высоких дозах удобрения соотношение форм азота составило примерно 1:1. Во второй фазе отбора такое соотношение сохранилось в вариантах (NPK)₁₂₀ и (NPK)₁₅₀, в других значительно преобладала аммонийная форма азота. Перед посевом озимой ржи содержание аммонийного и нитратного азота было практически одинаковым. Результаты лабораторного опыта свидетельствуют о существенном потенциале накопления нитратов в паровом поле севооборота, что объясняется повышением микробной активности в благоприятных условиях по температуре и влажности (табл. 3). Инкубирование почвенных образцов проводили при 28 °С и влажности, равной 60% полной влагоемкости. Наиболее интенсивно процесс нитрификации протекал во второй фазе отбора образцов, накопление нитратов составило 28,8-38,1 мг/кг. Однако эта способность в реальных полевых условиях реализовывалась слабо из-за дефицита источников азотсодержащих веществ, особенно в условиях пара, и из-за низкой влажности почвы и высокой температуры воздуха [16].

Потенциальная обеспеченность исследуемой почвы всех вариантов минеральным азотом в соответствии с их нитрификационной способностью по Кравкову [11] была высокой и составляла перед посевом озимой ржи 32,9-45,4 мг/кг N-NO₃. Определение нитрифицирующей способности почвы позволило получить более объективную картину образования нитратов, дать оценку потенциальной способности почвы к обеспечению рас-

Табл. 3. Нитрификационная способность (мг/кг) дерново-подзолистой почвы в паровом поле

| Вариант | N-NO ₃ | | | | | |
|----------------------|-------------------|------|----------|------|----------|------|
| | 04.06.18 | | 24.06.18 | | 15.08.18 | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| (NPK) ₀ | 5,0 | 9,3 | 3,4 | 34,4 | 17,0 | 35,8 |
| (NPK) ₃₀ | 4,3 | 6,2 | 3,6 | 34,3 | 13,0 | 32,9 |
| (NPK) ₆₀ | 9,3 | 18,1 | 7,8 | 43,0 | 18,8 | 40,8 |
| (NPK) ₉₀ | 18,6 | 26,1 | 6,8 | 44,9 | 17,1 | 38,8 |
| (NPK) ₁₂₀ | 8,8 | 18,4 | 15,5 | 44,3 | 16,8 | 42,5 |
| (NPK) ₁₅₀ | 12,9 | 20,0 | 17,3 | 54,9 | 17,8 | 45,4 |
| HCP ₀₅ | 2,7 | 4,1 | 3,3 | 3,2 | 3,6 | 4,8 |

Примечание. 1 – до нитрификации, 2 – после нитрификации.

тений легкоусвояемым азотом. Уровень обеспеченности озимой ржи доступными соединениями минерального азота по шкале, предложенной Гамзиковым Г.П. [12], – средний и предполагает дополнительное внесение азотных удобрений перед посевом этой культуры и весной для подкормки.

Скорость разложения клетчатки в почве зависит от наличия в ней легкодоступного азота. Этот показатель в совокупности позволяет судить об интенсивности почвенных процессов в целом. По классификации Д.Г. Звягинцева [17], интенсивность разложения клетчатки в паровом поле была высокой и изменялась от 40,26 % в варианте (NPK)₁₂₀ до 62,50% в варианте (NPK)₃₀, что связано со слабнокислой реакцией почвенного раствора и высоким содержанием нитратного азота. Отмечена тенденция снижения актуальной целлюлозолитической активности при повышении дозы полного минерального удобрения, что можно объяснить подкислением почвенного раствора. Чем выше уровень рН_{КСЛ} почвы, тем интенсивнее идут процессы разложения льняного полотна, так как по мере уменьшения кислотности среды активность целлюлозоразрушающих бактерий возрастает.

Анализ динамики агрохимических свойств исследуемой почвы по фазам развития озимой ржи показал высокое и очень высокое содержание минерального азота, подвижного фосфора и калия перед посевом культуры. Содержание органического углерода было низким, характерное для дерново-подзолистых почв Предуралья, реакция среды в зависимости от варианта изменялась от среднекислой до очень сильнокислой – рН_{КСЛ} 4,7-3,9 (табл. 4). Озимая рожь активно использовала нитратный азот как осенью в период кущения, так и весной в период отрастания. Растения потребляли азот почвы и удобрений. Азотные удобрения после внесения в почву вовлекаются в биологический круговорот, часть азота (20-40 %) закрепляется в почве и не используется в первый год, а может участвовать в питании последующих культур [18]. Минеральный азот также теряется из-за процессов вымывания нитратов в глубинные горизонты почвы, особенно в условиях промывного режима в дерново-подзолистых почвах. Выявлено уменьшение минерального азота в почве к фазе полной спелости в 3-5 раз относительно его содержания в почве перед посевом. Минеральный азот в фазы весеннего кущения и полной спелости представлен в большей степени аммиачной формой, процесс нитрификации протекал слабо из-за холодной и дождливой погоды вегетационного периода 2019 г. Примерно одинаковое количество нитратной и аммиачной формы азота определено в почве в фазе колошения. Содержание P₂O₅ и K₂O по фазам развития озимой ржи изменялось незначительно. Отмечена тесная корреляционная зависимость содержания минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в фазы весеннего кущения и колошения с дозами минеральных удобрений, r = 0,92; 0,98 и 0,99 соответственно. В фазе полной спелости содержание минерального азота практически не менялось в зависимости от дозы NPK, подвижного фосфора и калия возрастало с ее увеличением.

Сорт озимой ржи Фаленская 4 имеет потенциал урожайности более 9,0 т/га [19], однако в условиях холодного и переувлажненного вегетационного периода 2019 г. сформировался невысокий урожай – 2,79-3,59 т/га (Fф < Fт), его величина практически не зависела от дозы удобрений. Внесение высоких доз минерального

Табл. 4. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в течение вегетационного периода озимой ржи

| Вариант | pH | N _{мин} , мг/кг | P ₂ O ₅ , мг/кг | K ₂ O, мг/кг | Сорг, % |
|------------------------|-----|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------|
| Перед посевом | | | | | |
| Без удобрений | 4,7 | 35,0 | 172 | 138 | 1,06 |
| (NPK) ₆₀ | 4,6 | 39,3 | 268 | 192 | 1,28 |
| (NPK) ₉₀ | 4,1 | 38,3 | 342 | 300 | 1,37 |
| (NPK1) ₁₅₀ | 3,9 | 45,9 | 506 | 403 | 1,36 |
| HCP ₀₅ | 0,2 | 4,5 | 32 | 34 | 0,12 |
| Кушение | | | | | |
| Без удобрений | 5,0 | 26,2 | 148 | 136 | 1,10 |
| (NPK) ₆₀ | 4,6 | 28,9 | 210 | 176 | 1,17 |
| (NPK) ₉₀ | 4,4 | 30,0 | 305 | 216 | 1,17 |
| (NPK1) ₁₅₀ | 4,3 | 42,0 | 419 | 278 | 1,23 |
| HCP ₀₅ | 0,2 | 3,9 | 31 | 27 | 0,09 |
| Колошение | | | | | |
| Без удобрений | 4,7 | 14,1 | 177 | 170 | 1,11 |
| (NPK) ₆₀ | 4,4 | 18,0 | 293 | 283 | 1,21 |
| (NPK) ₉₀ | 4,0 | 30,6 | 410 | 307 | 1,19 |
| (NPK1) ₁₅₀ | 3,9 | 43,7 | 540 | 381 | 1,30 |
| HCP ₀₅ | 0,2 | 4,1 | 39 | 36 | 0,07 |
| Полная спелость | | | | | |
| Без удобрений | 4,5 | 8,5 | 185 | 180 | 1,10 |
| (NPK) ₆₀ | 4,6 | 12,9 | 276 | 241 | 1,24 |
| (NPK) ₉₀ | 4,3 | 11,1 | 321 | 249 | 1,24 |
| (NPK1) ₁₅₀ | 4,2 | 11,6 | 479 | 294 | 1,29 |
| HCP ₀₅ | 0,2 | 2,6 | 34 | 31 | 0,12 |

азота в первой половине вегетации стимулировало образование большой вегетативной массы, что привело к ее полеганию. Повышенное количество осадков в июле и августе инициировало прорастание семян на корню.

Анализ агрохимических свойств исследуемой почвы показал, что содержание подвижного фосфора (148-540 мг/кг) и обменного калия (138-403 мг/кг) в зависимости от варианта длительного опыта было высоким и очень высоким перед посевом озимой ржи и в течение всего вегетационного периода. Погодные условия вегетации не позволили раскрыть потенциал урожайности озимой ржи, которая определена на уровне 2,79-3,59 т/га (F_ф < F_т), ее величина практически не зависела от дозы удобрений.

Потенциальная обеспеченность исследуемой почвы всех вариантов минеральным азотом в соответствии с их нитрификационной способностью по Кравкову была высокая и составляла перед посевом озимой ржи 32,9-45,4 мг/кг N-NO₃. Интенсивное протекание минерализационных процессов в почве парового поля подтверждено высокой степенью разложения льняного полотна, которая составила 40,3-62,5% в зависимости от варианта.

Литература

1. Аниськов Н.И., Сафонова И.В., Хорева В.И. Адаптивный потенциал сортов озимой ржи селекции ВИР по

показателю «Содержание белка в зерне» в условиях Ленинградской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – №180 (1). – С.44-51.

2. Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 278 с.

3. Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В. Баланс азота удобрений в системе почва-растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2. – С.145-154.

4. Белоус И.Н., Харкевич Л.П., Адамко В.Н. Влияние систем удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи // Агрохимический вестник. – 2014. – №1. – С.38-40.

5. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Наука. 2006. – 719 с.

6. Шмырева Н.Я. Использование азота удобрений озимой рожью при различных способах внесения азотных удобрений в условиях эрозийных ландшафтов // Агрохимия. – 2007. – №10. – С. 44-49.

7. Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С. Интенсивные технологии возделывания озимой ржи. – М.: Агропромиздат, 1989. – 125 с.

8. Гамзиков Г.П. Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота) // Агрохимия. – 2014. – №8. – С.3-16.

9. Сайфуллина Л.Б., Курдюков Ю.Ф., Шубитидзе Г.В., Воронцова О.А. Формирование азотного режима в паровых полях степной зоны Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. – 2018. – №5. – С.50-56.

10. Скороходов В.Ю. Накопление и использование нитратного азота озимой рожью и яровой твердой пшеницей в весенне-летний период на черноземах Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №3. – С. 163-171.

11. Акимова О.И. Влияние уровня азотного питания на урожай зерна озимой ржи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №8 (106). – С. 13-18.

12. Гамзиков Г.П. Прогноз обеспеченности почв азотом и потребности полевых культур в азотных удобрениях // Инновации и производственная безопасность. – 2015. – №3(9). – С.11-20.

13. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

14. Проценко Е.П., Караулова Л.Н. Влияние природных и антропогенных факторов на режим азота и биологическую продуктивность сельскохозяйственных культур в склоновом рельефе ЦЧЗ // Агрохимия. – 2007. – №4. – С. 37-45.

15. Коврига В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос. 2000. – 416 с.

16. Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчик Т.Г. Методы почвенной микробиологии. – М.: МГУ, 1980. – 224 с.

17. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почвы и шкала для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.

18. Зоров А.А., Максюттов Н.А. Эффективность возделывания озимой ржи и озимой пшеницы в условиях центральной зоны Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – №6(62). – С.25-27.

19. Кедрова Л.И., Уткина Е.И., Шляхтина Е.А., Шешегова Т.К., Парфенова Е.С., Шамова М.Г., Охупкина Н.А. Биологические основы производства зерна озимой ржи на Евро-Северо-Востоке РФ // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №6. – С.21-23.

Поступила в редакцию 26.02.20
После доработки 20.03.20
Принята к публикации 30.03.20