

Евгений Александрович Демин

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, менеджер Агробиотехнологического центра, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Тюмень

E-mail: gambitn2013@yandex.ru

Людмила Николаевна Барабанщикова

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, доцент кафедры общей химии, кандидат биологических наук, Россия, Тюмень

E-mail: bar.2000@mail.ru

ВЛИЯНИЕ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ КУКУРУЗЫ НА ДИНАМИКУ НИТРАТНОГО АЗОТА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

В статье представлены результаты трехлетних исследований по изучению азотного режима чернозема выщелоченного под кукурузой в условиях лесостепной зоны Зауралья. Цель исследования – установить влияние междурядной обработки на накопление азота текущей нитрификации и динамику нитратного азота чернозема выщелоченного в посевах кукурузы. Схема опыта предусматривала внесение минеральных удобрений из расчета на планируемую урожайность от 4,0 до 6,0 т/га зерна. Изучали влияние междурядной обработки на питательный режим. Установлено, что междурядная обработка на 15–26 % повышает содержание нитратного азота. Внесение минеральных удобрений обеспечивает увеличение содержания нитратного азота в почве до 26,9–34,9 мг/кг, тогда как на контроле – 9,4 мг/кг. Внесение возрастающих доз минеральных удобрений уменьшает эффект междурядных обработок – отклонения по содержанию нитратов в почве были незначительны. Доказано, что междурядная обработка достоверно повышает содержание общего азота в зерне и вегетативной массе на 2–19 % при выращивании кукурузы на естественном агрофоне. При внесении удобрений на планируемую урожайность зерна 5,0 т/га и выше содержание общего азота в зерне и вегетативной массе на вариантах с междурядной обработкой почвы не имеет существенных различий. Хозяйственный вынос азота кукурузой, выращиваемой без удобрений, на черноземе выщелоченном составляет 143 кг/га. Междурядная обработка увеличивает данный показатель до 152 кг/га. С увеличением уровня минерального питания хозяйственный вынос возрастает до 244 кг/га. Проведение однократной культивации междурядий улучшает потребление питательных веществ и повышает хозяйственный вынос азота на 6–18 %. Положительное действие междурядной обработки отмечается по накоплению азота текущей нитрификации, содержание которого увеличивается с 104–118 до 125–141 кг/га.

Ключевые слова: кукуруза, минеральные удобрения, лесостепная зона Зауралья, чернозем выщелоченный, нитратный азот, общий азот, хозяйственный вынос, азот текущей нитрификации.

Evgeny A. Demin

Northern Trans-Urals State Agrarian University, manager of agrobiotechnological center, candidate of agricultural sciences, Russia, Tyumen

E-mail: gambitn2013@yandex.ru

Lyudmila N. Barabanshchikova

Northern Trans-Urals State Agrarian University, associate professor of the chair of general chemistry, candidate of biological sciences, Russia, Tyumen

E-mail: bar.2000@mail.ru

THE INFLUENCE OF INTER-ROW CULTIVATION OF MAIZE ON THE DYNAMICS OF NITRATE NITROGEN LEACHED CHERNOZEM IN THE CONDITIONS OF FOREST STEPPE ZONE OF TRANS-URALS

The study presents the results of three years of research on the nitrogen regime of leached chernozem under corn in the conditions of forest-steppe zone of the Trans-Urals. The aim of the study was to determine the effect of row-to-row processing on the nitrogen accumulation of current nitrification and the dynamics of nitrate nitrogen of leached chernozem in corn crops. The scheme of the experiment provided for the introduction of mineral fertilizers based on the planned yield of 4.0 to 6.0 t/hectare of grain. The effect of row-to-row treatment on nutritional regime was studied. It was found that row-to-row processing increased the content of nitrate nitrogen by 15–26 %. Application of mineral fertilizers provided an increase in the content of nitrate nitrogen in the soil to 26.9–34.9 mg/kg, while in the control – 9.4 mg/kg. The introduction of increasing doses of mineral fertilizers reduced the effect of row-to-row treatments – deviations in the content of nitrates in the soil were insignificant. It was proved that row-to-row processing significantly increased the total nitrogen content in grain and vegetative mass by 2–19 % when growing corn on a natural agricultural background. When applying fertilizers to the planned grain yield of 5.0 t / hectare or higher, the total nitrogen content in the grain and vegetative mass in the variants with row-to-row tillage did not differ significantly. Farm nitrogen removal by maize grown without fertilizers on leached chernozem made 143 kg/hectare. Row-to-row processing increased this figure to 152 kg/hectare. With the increase in the level of mineral nutrition, farm take-out increased to 244 kg/hectare. Single row spacing cultivation improved nutrient intake and increases farm nitrogen removal by 6–18 %. Positive effect of inter-row processing was noted by the accumulation of nitrogen in the current nitrification, the content of which increased from 104–118 to 125–141 kg/hectare.

Keyword: corn, mineral fertilizers, forest-steppe zone of Trans-Urals, leached chernozem, nitrate nitrogen, total nitrogen, farm takeaway, nitrogen of current nitrification.

Введение. Западная Сибирь всем известна неблагоприятными для сельского хозяйства почвенно-климатическими условиями. Еще в первой половине XX века никто не мог помыслить, что в Сибири возможно промышленное сельское хозяйство. Начиная с 50-х годов прошлого столетия при мощной государственной поддержке ситуация кардинально изменилась. С появлением новых сортов сельскохозяйственных культур, разработкой агротехнологий и развитием компьютерной техники возникла научно обоснованная система земледелия, способная выращивать практически любые сельскохозяйственные растения [1–3]. В последние десятилетия в Сибири появилась возможность выращивания теплолюбивых культур, таких как соя и кукуруза.

Кукуруза в течение своего развития потребляет большое количество питательных веществ и хорошо отзывается на уровень агротехники. Поэтому для получения высокого урожая кукурузы необходимо соблюдение всей технологии возделывания, а главным образом научное

обоснование системы удобрений. Усвоение элементов питания кукурузой зависит от различных факторов, как погодных условий, так и элементов технологии возделывания. Поэтому не всегда товаропроизводители получают желаемую урожайность, а это негативно сказывается на экономике предприятия. Многие товаропроизводители отказались от применения междурядной обработки посевов, делая акцент на химические средства защиты растений. Однако плохие погодные условия и короткий срок возможности использования химических средств не всегда оказывают должную защиту. Многие исследователи отмечают, что междурядная обработка посевов кукурузы оказывает положительное действие в борьбе с сорняками, улучшает водно-воздушный режим почв и повышает урожайность культур [4, 5]. Однако по изучению влияния различных агротехнологических приемов на динамику питательных веществ в почве проведено недостаточно работ. Поэтому изучение влияния междурядной обработки кукурузы

на динамику нитратного азота чернозема выщелоченного является актуальным.

Цель исследований. Установить влияние междурядной обработки кукурузы на накопление азота текущей нитрификации и динамику нитратного азота чернозема выщелоченного.

Материалы и методы. Исследования динамики нитратного азота чернозема выщелоченного в посевах кукурузы проводились с 2016 по 2018 г. на территории сельскохозяйственного предприятия ЗАО «Центральное», которое расположено в Заводоуковском районе Тюменской области. Климатические условия района, где проводились исследования, характеризуются умеренно теплым и умеренно увлажненным климатом. Количество осадков, выпавшее за год, составляет 374 мм, на теплый период приходится около 62 % от общего количества. Сумма положительных температур в среднем составляет 2000 °С, в некоторые жаркие годы этот показатель возрастает и выше.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, маломощный тяжелосуглинистый. Характеризуется высоким потенциальным плодородием. Содержание органического вещества (лучше гумуса, так как в состав органического вещества входят неразложившиеся, полуразложившиеся органические остатки и продукты гумификации) в слое почвы 0–30 см составляет 8,3 %. Запасы нитратного азота достигают 30–33 кг/га, подвижного фосфора и калия 230 и 350 кг/га соответственно. Реакция почвенной среды – 6,5 ед. рН [6, 7].

Схема опыта включала в себя варианты с междурядной обработкой в фазу 6–7-го листа и без междурядной обработки на различных минеральных фонах (средние дозы по годам): 1. Контроль (без удобрений). 2. N₈₃P₆₇K₆₇ (4,0 т/га зерна). 3. N₁₁₀P₉₃K₉₃ (5,0 т/га зерна). 4. N₁₄₇P₁₁₃K₁₁₃ (6,0 т/га зерна).

Основную отвальную обработку почвы проводили осенью на глубину 23–25 см. Весной боронование – боронами БЗСС-1,0. Удобрения на различные уровни минерального питания врезали сеялками СЗП-3,6 перед посевом. Затем проводили культивацию КПС-4 и производили посев сеялками точного высева СУПН-8А. Междурядную обработку, где она предусмотре-

на, проводили культиватором КМН-4,2 на глубину 3–5 см. В опыте высевали гибрид Обский 140 с нормой высева 70 тыс. растений на гектар.

Для определения содержания общего азота в растениях, а также сухого вещества в зерне и вегетативной массе, отбирали 30 растений в 4-кратной повторности. Для определения нитратного азота отбирали почвенные образцы до глубины 0–40 см через каждые 10 см. Нитратный азот в почве определяли ионометрическим методом (ГОСТ 26951). Общий азот в растениях определили по ГОСТ 13496.4. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову с использованием MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Перед посевом кукурузы содержание нитратного азота в слое почвы 0–40 см составляло 10,5 мг/кг почвы. К фазе 5–6-го листа кукурузы на естественном агрофоне этот показатель снижался до 9,4 мг/кг почвы (табл. 1). Минеральные удобрения, внесенные на планируемую урожайность до 6,0 т/га зерна кукурузы, обеспечивали увеличение содержания нитратного азота до 26,9–34,9 мг/кг почвы при НСР₀₅=10,0 мг/кг. К фазе 8–9-го листа кукурузы его содержание на вариантах без междурядной обработки снижалось. На контроле снижение достигало 15 % относительно предыдущей фазы, а на удобренных вариантах от 11 до 22 %, при этом с увеличением уровня минерального питания различие уменьшалось. Данная тенденция также отмечается в более поздние фазы развития. К уборке содержание нитратного азота на контроле снижалось с 8,0 до 5,1 мг/кг почвы. На удобренных вариантах содержание нитратного азота уменьшилось с 18,4–23,2 до 12,2–14,6 мг/кг почвы.

На вариантах с применением междурядной обработки отмечалось увеличение содержания нитратного азота на контроле с фазы цветения до уборки на 15–26 % относительно вариантов без механической обработки междурядий. На вариантах с внесением минеральных удобрений различий не наблюдалось. Это связано с тем, что высокие дозы азотных удобрений на этих вариантах сглаживают изменение в содержании нитратного азота от применения механической обработки междурядий. Подобная тенденция отмечается в работах Н.Ф. Надточаева (2006) [8].

Влияние междурядной обработки на содержание нитратного азота в посевах кукурузы при различном уровне минерального питания, мг/кг

Вариант (фактор А)	Фаза развития (фактор В)							
	без междурядной обработки				с междурядной обработкой			
	5–6-го листа	8–9-го листа	Цветение	Восковая спелость	5–6-го листа	8–9-го лист	Цветение	Восковая спелость
Контроль	9,4	8,0	7,0	5,1	9,5	8,1	8,0	6,4
НРК 4,0 т/га	26,9	21,1	18,4	12,2	24,7	21,9	18,5	12,1
НРК 5,0 т/га	31,2	26,2	20,2	12,6	28,9	24,4	20,3	12,7
НРК 6,0 т/га	34,9	31,1	23,2	14,6	34,0	29,7	23,5	14,6

Примечание: фактор А – НСР₀₅=10,0; фактор В – НСР₀₅ =1,0; фактор АВ – НСР₀₅=10,0.

Содержание общего азота в кукурузе напрямую связано с количеством нитратного азота в почве. На контроле без применения междурядной обработки содержание общего азота в кукурузе составляло 1,57 % в фазу 8–9-го листа, увеличиваясь на удобренных вариантах до

2,03–2,34 % при НСР₀₅=0,22 %. В течение развития кукурузы и набора биомассы концентрация общего азота в кукурузе снижается, к фазе цветения его значения уменьшились до 0,59–1,11 % (табл. 2).

Таблица 2

Влияние междурядной обработки на содержание общего азота в кукурузе при различном уровне минерального питания, %

Вариант (фактор А)	Фаза развития (фактор В)							
	без междурядной обработки				с междурядной обработкой			
	8–9-го листа	Цветение	Зерно	Вегетативная масса	8–9-го лист	Цветение	Зерно	Вегетативная масса
Контроль	1,57	0,59	1,86	0,67	1,64	0,70	2,09	0,70
НРК 4,0 т/га	2,03	1,04	2,00	0,61	2,11	1,09	2,10	0,67
НРК 5,0 т/га	2,10	1,08	2,02	0,75	2,15	1,17	2,12	0,73
НРК 6,0 т/га	2,34	1,11	1,96	0,82	2,46	1,19	2,02	0,86

Примечание: фактор А – НСР₀₅=0,22; фактор В – НСР₀₅=0,05; фактор АВ – НСР₀₅=0,22.

В период уборки кукурузы содержание общего азота в зерне на контроле составляло 1,86 %. В вегетативной массе концентрация общего азота была в три раза меньше, чем в зерне. На удобренных вариантах количество общего азота в зерне увеличивалось до 1,96–2,02 %. В вегетативной массе его содержание составляло от 0,61 до 0,75 %.

Применение междурядной обработки посевов обеспечивало увеличение содержания об-

щего азота в кукурузе на всех исследуемых вариантах из-за улучшения водно-воздушного режима почвы, потребления питательных веществ и усиления микробиологической активности [9]. На контроле содержание общего азота увеличивалось на 19 %, на удобренных вариантах от 2 до 8 % относительно вариантов без использования междурядной обработки. Концентрация общего азота в зерне кукурузы при этом увеличивалась до 2,02–2,12 %.

Вынос азота кукурузой зависит от уровня минерального питания, генотипа гибридов кукурузы и уровня агротехники [10–12]. В нашем исследовании на естественном агрофоне без применения междурядной обработки хозяйственный вынос азота составил 143 кг/га. Увеличение уровня минерального питания обеспечило резкое повышение выноса до 176–244 кг/га.

Применение междурядной обработки приводило к увеличению хозяйственного выноса азота на 6 % на контроле, где это значение достигало 152 кг/га при $НСР_{05}=8$ кг/га. На удобренных вариантах этот показатель увеличивался до 7–18 % относительно вариантов без использования междурядной обработки и достигал 208–269 кг/га (рис. 1).

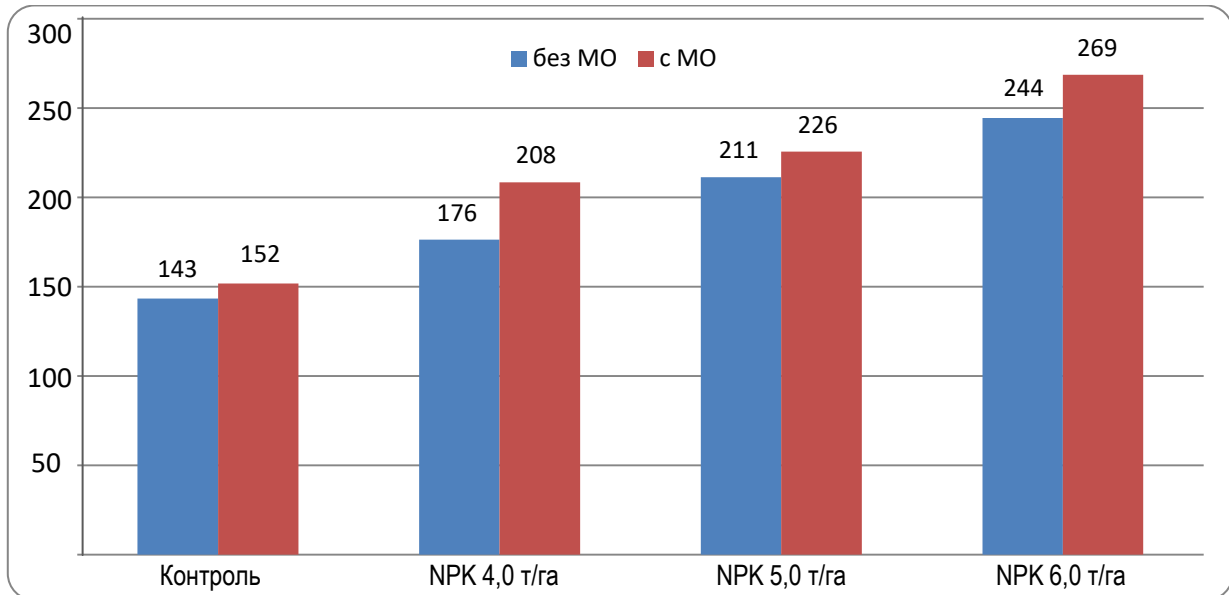


Рис. 1. Влияние междурядной обработки на хозяйственный вынос азота кукурузой при различном уровне минерального питания, кг/га

Проведя расчет по накоплению азота текущей нитрификации при использовании формулы, предложенной Ю.И. Ермохиным (2004), нам удалось установить, что на естественном агрофоне накопление азота текущей нитрификации в посевах кукурузы составляет 116 кг/га [13]. На удобренных вариантах он варьирует от 104 до 118 кг/га (рис. 2).

Применение междурядной обработки кукурузы улучшает агрофизические свойства почвы, водно-воздушный режим чернозема выщело-

ченного и структурно-агрегатный состав, а также уменьшает плотность сложения [14]. Все это в совокупности улучшает микробиологическую активность почвы и повышает накопление азота текущей нитрификации [15, 16]. На естественном агрофоне увеличение накопления азота текущей нитрификации составило 13 % при $НСР_{05}=11$ кг/га. На удобренных вариантах этот показатель повышался на 14–27 % относительно варианта без использования этого приема.

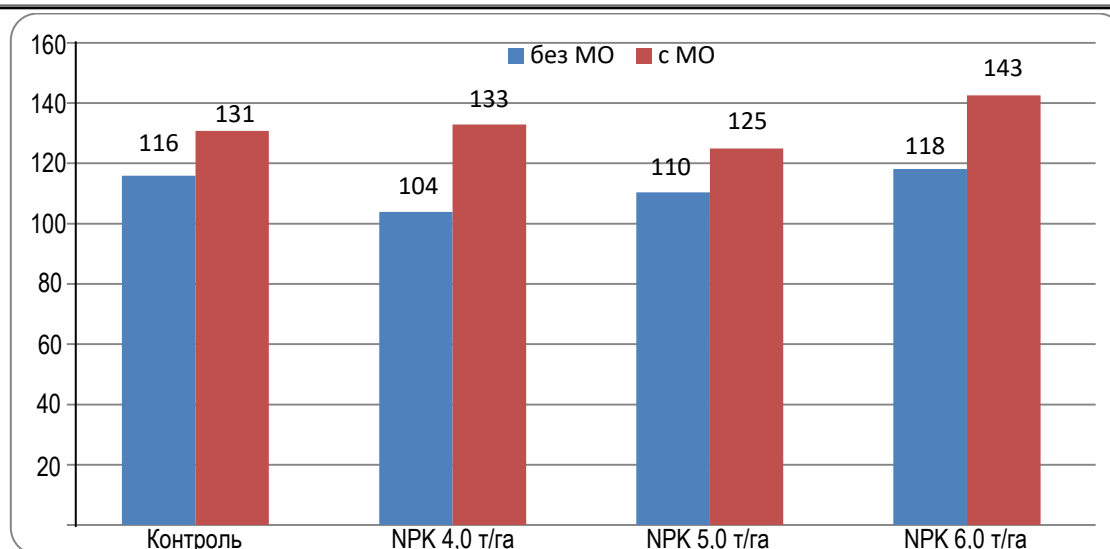


Рис. 2. Влияние междурядной обработки на накопление азота текущей нитрификации в посевах кукурузы при различном уровне минерального питания, кг/га

Выводы. Проведение междурядной обработки посевов кукурузы обеспечивает увеличение содержания нитратного азота в почве на естественном агрофоне с фазы цветения до уборки на 15–26 % относительно вариантов без использования этого приема. На удобренных вариантах различий не наблюдалось.

Содержание общего азота в кукурузе на протяжении всего развития при использовании междурядной обработки посевов увеличивается на 2–19 % относительно вариантов без использования обработки, где значения были ниже на 0,1–0,5 %.

Междурядная обработка посевов кукурузы способствует лучшему усвоению питательных веществ, в результате хозяйственный вынос азота посевами кукурузы увеличивается на 6 % на контроле и на 7–18 % на удобренных вариантах относительно вариантов без использования этого приема, где значения составляли 143–244 кг/га.

Накопление азота текущей нитрификации в посевах кукурузы составляет 104–118 кг/га. Проведение междурядной обработки посевов улучшает водно-воздушный режим почвы, в результате накопление азота увеличивается на 14–27 % относительно вариантов без этого приема.

Литература

1. *Логинов Ю.П., Казак А.А., Юдин А.А.* Сортовые ресурсы яровой мягкой пшеницы в Западной Сибири и совершенствование их на перспективу // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2012. № 3. С. 23–29.

2. Динамика генетического разнообразия сортов овса в Тюменской области по авенин-кодирующим локусам / *А.В. Любимова, Г.В. Тоболова, Д.И. Еремин* [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. № 2. С. 123–130.
3. *Еремина Д.В.* Агроэкономическая оценка применяемых в Тюменской области минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 26–30.
4. Взаимодействие гербицидов кросс-спектра и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля / *А.Э. Панфилов, И.Н. Цымбаленко, Н.И. Казакова* [и др.] // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 295–302.
5. *Демин Е.А., Фисунов Н.В.* Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 4(24). С. 33–35.
6. *Еремин Д.И.* Сохранение плодородия черноземов как неотъемлемая часть продовольственной безопасности страны // Агропродовольственная политика России. 2017. № 10(70). С. 83–89.
7. *Каретин Л.Н.* Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1990. 285 с.
8. *Надточаев Н.Ф., Мелешкевич М.А., Степаненко Н.С.* Междурядные обработки и азотные подкормки при выращивании кукурузы // Кукуруза и сорго. 2006. № 5. С. 20–21.

9. Москвичев А.Ю., Гермогенов А.В., Дубровин А.П. Влияние обработок почвы на микробиологическую активность почвы, засоренность посевов и продуктивность зерновой кукурузы в условиях Нижнего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2010. № 11(77). С. 13–15.
10. Влияние азотных удобрений на аминокислотный состав зерна яровой пшеницы / Д.В. Чикишев, Н.В. Абрамов, Н.С. Ларина [и др.] // Вестник Башкирского ГАУ. 2019. № 3(51). С. 20–25.
11. Моисеев А.А., Ивойлов А.В., Сидоров А.В. Влияние удобрений на вынос урожаем зерна кукурузы и хозяйственный баланс основных элементов питания в лесостепи Среднего Поволжья // Научная жизнь. 2019. № 4(92). С. 438–449.
12. Галеев Р.Р., Альберт М.А., Самарин И.С. Особенности реализации биологического потенциала продуктивности зерна гибридов кукурузы в лесостепи Западной Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 2(24). С. 7–14.
13. Ермохин Ю.И. Основы прикладной агрохимии: учеб. пособие. Омск: Вариант-Сибирь, 2004. 120 с.
14. Миллер С.С., Рзаева В.В., Миллер Е.И. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность кукурузы в Западной Сибири // Мир Инноваций. 2019. № 1. С. 30–33.
15. Демина О.Н., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на микрофлору чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2(155). С. 63–71.
16. Демина О.Н., Еремин Д.И. Ферментативная активность агрочернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья под действием минеральных удобрений // Вестник Алтайского ГАУ. 2020. № 5(187). С. 11–19.
2. Dinamika geneticheskogo raznoobrazija sortov ovsa v Tjumenskoj oblasti po aveninokodirujushhim lokusam / A.V. Ljubimova, G.V. Tobolova, D.I. Eremin [i dr.] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. T. 24. № 2. S. 123–130.
3. Eremina D.V. Agrojekonomicheskaja ocenka primenjaemyh v Tjumenskoj oblasti mineral'nyh udobrenij // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (72). S. 26–30.
4. Vzaimodejstvie gerbicidev kross-spektra i mezhdurjadnyh obrabotok v kombinirovannyh shemah kontrolja / A.Je. Panfilov, I.N. Cymbalenko, N.I. Kazakova [i dr.] // APK Rossii. 2017. T. 24. № 2. S. 295–302.
5. Demin E.A., Fisunov N.V. Vlijanie mineral'nyh udobrenij i mezhdurjadnoj obrabotki na urozhajnost' kukuruzy v uslovijah lesostepnoj zony Zaural'ja // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2017. № 4(24). S. 33–35.
6. Eremin D.I. Sohranenie plodorodija chernozemov kak neot#emlemaja chast' prodovol'stvennoj bezopasnosti strany // Agroprodovol'stvennaja politika Rossii. 2017. № 10(70). S. 83–89.
7. Karetin L.N. Pochvy Tjumenskoj oblasti. Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-e, 1990. 285 s.
8. Nadtochaev N.F., Meleshkevich M.A., Stepanenko N.S. Mezhdurjadnye obrabotki i azotnye podkormki pri vyrashhivanii kukuruzy // Kukuruza i sorgo. 2006. № 5. S. 20–21.
9. Moskvichev A.Ju., Germogenov A.V., Dubrovin A.P. Vlijanie obrabotok pochvy na mikrobiologicheskiju aktivnost' pochvy, zasorennost' posevov i produktivnost' zernovoj kukuruzy v uslovijah Nizhnego Povolzh'ja // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 11(77). S. 13–15.
10. Vlijanie azotnyh udobrenij na aminokislotnyj sostav zerna jarovoj pshenicy / D.V. Chiki-shev, N.V. Abramov, N.S. Larina [i dr.] // Vestnik Bashkirskogo GAU. 2019. № 3(51). S. 20–25.
11. Moiseev A.A., Ivojlov A.V., Sidorov A.V. Vlijanie udobrenij na vynos urozhaem zerna kukuruzy i hozjajstvennyj balans osnovnyh jelementov pitanija v lesostepi Srednego Povolzh'ja // Nauchnaja zhizn'. 2019. № 4(92). S. 438–449.

Literatura

1. Loginov Ju.P., Kazak A.A., Judin A.A. Sortovye resursy jarovoj mjagkoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri i sovershenstvovanie ih na perspektivu // Sib. vestn. s.-h. nauki. 2012. № 3. S. 23–29.

12. Galeev R.R., Al'bert M.A., Samarin I.S. Osobennosti realizacii biologicheskogo potenciala produktivnosti zerna gibridov kukuruzy v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'. 2019. № 2(24). S. 7–14.
13. Ermohin Ju.I. Osnovy prikladnoj agrohimii: ucheb. posobie. Omsk: Variant-Sibir', 2004. 120 s.
14. Miller S.S., Rzaeva V.V., Miller E.I. Vlijanie jelementov tehnologii vozdeľvanija na urozhajnost' kukuruzy v Zapadnoj Sibiri // Mir Innovacij. 2019. № 1. S. 30–33.
15. Demina O.N., Eremin D.I. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na mikrofluoru chernozema lesostepnoj zony Zaural'ja // Vestnik KrasGAU. 2020. № 2(155). S. 63–71.
16. Demina O.N., Eremin D.I. Fermentativnaja aktivnost' agrochernozema vyshhelochennogo lesostepnoj zony Zaural'ja pod dejstviem mineral'nyh udobrenij // Vestnik Altajskogo GAU. 2020. № 5(187). S.11–19.

