

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.16>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ В ЮЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЗОНЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Семенова Е.А.^{1,*}, Калашников Р.П.²

¹ORCID : 0000-0002-2221-9906;

²ORCID : 0000-0001-8326-7891;

¹Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Российская Федерация

²Общество с ограниченной ответственностью «БАСФ», Благовещенск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (elenasemen[at]yandex.ru)

Аннотация

Цель исследований – выявление наиболее оптимальных доз внесения минеральных удобрений при выращивании кукурузы на чернозёмовидной почве в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области. В статье представлены результаты исследований 2014-2017, 2019-2020 гг. по изучению действия различных доз минеральных удобрений на содержание доступных форм азота, фосфора, калия в почве под посевами кукурузы, а также их влияние на урожайность зелёной массы и зерна кукурузы. Применение азотно-фосфорных удобрений не только обеспечивает культуру питательными элементами на протяжении всей вегетации, но и способствует увеличению содержания минерального азота и подвижного фосфора в чернозёмовидной почве. Накопление азота в почве после возделывания культуры в зависимости от дозы составляло 2,1-14,0 мг/кг почвы, в большей степени в варианте N₁₂₀P₆₀. Дозы минерального удобрения N₆₀P₆₀ и N₁₂₀P₆₀ повышали содержание подвижного фосфора в почве на 18,8-93,5 %. Урожайность кукурузы зависела от дозы минеральных удобрений. В среднем за годы исследований наибольшая урожайность зелёной массы (62,1 т/га) отмечалась при N₃₀P₃₀+N₂₀, урожайность зерна (8,20 т/га) – при N₆₀P₃₀. Наиболее экономически эффективным является возделывание кукурузы на фоне удобрений N₆₀P₃₀.

Ключевые слова: кукуруза, минеральные удобрения, урожайность, минеральный азот, подвижный фосфор, подвижный калий.

THE USE OF MINERAL FERTILIZERS IN GROWING CORN IN THE SOUTHERN AGRICULTURAL ZONE OF AMUR OBLAST

Research article

Semenova Y.A.^{1,*}, Kalashnikov R.P.²

¹ORCID : 0000-0002-2221-9906;

²ORCID : 0000-0001-8326-7891;

¹Far Eastern State Agrarian University, Blagoveschensk, Russian Federation

²Limited liability company «BASF», Blagoveschensk, Russian Federation

* Corresponding author (elenasemen[at]yandex.ru)

Abstract

The aim of the research is to identify the most optimal doses of mineral fertilizers when growing corn on chernozemic soil in the southern agricultural zone of Amur region. The article presents the results of research 2014-2017, 2019-2020 to study the effect of different doses of mineral fertilizers on the content of available forms of nitrogen, phosphorus, potassium in the soil beneath corn crops, as well as their effect on the yield of green mass and corn grain. The use of nitrogen-phosphorus fertilizers not only provides the crop with nutrients throughout the growing season, but also contributes to increasing the content of mineral nitrogen and mobile phosphorus in the chernozem soil. Nitrogen accumulation in the soil after crop cultivation, depending on the dose, was 2,1-14,0 mg/kg of soil, to a greater extent in the variant N₁₂₀P₆₀. Doses of mineral fertilizer N₆₀P₆₀ and N₁₂₀P₆₀ increased the content of mobile phosphorus in the soil by 18,8-93,5%. Maize yield depended on the dose of mineral fertilizer. On the average for the years of research the highest yield of green mass (62,1 t/ha) was noted at N₃₀P₃₀+N₂₀, grain yield (8,20 t/ha) - at N₆₀P₃₀. The most cost-effective is the cultivation of corn against the background of fertilizer N₆₀P₃₀.

Keywords: corn, mineral fertilizers, yield, mineral nitrogen, mobile phosphorus, mobile potassium.

Введение

Кукуруза – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Её уникальность состоит в высокой потенциальной урожайности и широкой универсальности использования [1].

Амурская область занимает первое место по возделыванию кукурузы на кормовые цели в Дальневосточном федеральном округе. В последнее время заметно вырос интерес аграриев региона к кукурузе, выращиваемой на зерно, во многом это связано с реализацией программ Министерства сельского хозяйства Амурской области по развитию животноводства; увеличению производства зерновых и зернобобовых культур; оптимизации севооборотов, за счёт рентабельных зерновых культур. А также материальной поддержки хозяйств, практикующих возделывание кукурузы на зерно и её переработку [2].

В Амурской области посевные площади кукурузы на зерно за период с 2014 по 2020 гг. варьировали от 12,5 до 24,68 тыс. га, при урожайности – 34,9-60,6 ц/га [3].

Применение минеральных удобрений является важным условием повышения количества и качества урожая кукурузы [4, С. 34-35], [5], [6]. К тому же они способствуют повышению почвенного плодородия, внесение азотно-фосфорно-калийных удобрений увеличивает содержание основных элементов питания и обеспечивает высокую продуктивность сельскохозяйственных культур [7, С. 35], [8, С. 8].

В условиях Приамурья многие ученые изучали влияние удобрений на урожайность зерна и зелёной массы кукурузы, потребление и вынос основных элементов питания с урожаем. К. В. Кибиревым [9] было показано, что применение бурого окисленного угля, в качестве органо-минерального удобрения, увеличивало урожайность зерна кукурузы на 56-110 % по сравнению с контролем, а скорость потребления азота на 36-59 %, фосфора – на 24-43 %, калия – на 25-45 %. По данным О. А. Косицыной [10] на аллювиально-буроземно-дерновой почве в Амурской области хозяйственный вынос 1 т зерна и соответствующим количеством побочной продукции составил N – 25; P₂O₅ – 7 и K₂O – 24 кг, коэффициент использования P₂O₅ и K₂O из почвы – 8 и 32 % соответственно.

С. Б. Пак [11] отмечал, что орошение в сочетании с внесением минеральных удобрений на чернозёмовидных почвах юга Амурской области позволяет получать высокие запланированные урожаи зелёной массы кукурузы. Так, урожайность зелёной массы в варианте водного режима почвы с предположительной влажностью 80 % НВ на фоне внесения минеральных удобрений дозой N₂₄₀P₁₈₀K₉₀ была близка к 80 т/га. Т. Г. Шуран [12] в условиях Приамурья рекомендует для получения максимальной урожайности кукурузы на силос вносить N₁₂₀P₉₀K₇₀ при внутривидном орошении почвы.

А. В. Чепелева и Г. П. Чепелев [13, С. 52-54] установили влияние погодных условий на эффективность применения удобрений при выращивании кукурузы: в засушливых условиях урожайность кукурузы не зависела от дозы применения минеральных удобрений, при сильном переувлажнении почвы наибольшая урожайность была получена в варианте с N₃₀P₆₀.

Ранее нами изучалось влияние минеральных удобрений на питательный режим и ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы. Была установлена тесная связь содержания минерального азота и подвижных форм фосфора с активностью ферментов уреазы и фосфатазы в почве [14]. Однако этих данных недостаточно специалистам сельского хозяйства для выбора оптимальных доз удобрений с целью повышения урожайности кукурузы и сохранения почвенного плодородия. Поэтому исследование является актуальным и имеет особую значимость для агропромышленного комплекса Амурской области.

Цель исследований – выявление наиболее оптимальных доз внесения минеральных удобрений при выращивании кукурузы на чернозёмовидной почве в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области.

Методы и принципы исследования

Полевые опыты проводились в Амурской области на опытном поле ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (с. Грибское, Благовещенский район) в 2014-2017 гг. и 2019-2020 гг.

Метеорологические условия в Амурской области в годы проведения исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Наглядным показателем увлажнённости местности и влагообеспеченности периода вегетации является гидротермический коэффициент (ГТК), согласно которому три года были избыточно влажными (ГТК = 2,1-3,1) и три года с удовлетворительным увлажнением (ГТК = 1,5-1,9). В годы с избыточным увлажнением (2016, 2019, 2020 гг.) наибольшее количество осадков выпадало в мае и августе, дефицит влаги наблюдался в июне 2014, 2015 гг. и июле 2020 г.

Почва опытного участка – чернозёмовидная среднесиловая с содержанием гумуса 3,4-3,8 %, рН_{ксл} 5,0-5,2. Содержание минерального азота (N_{мин}) в почве до внесения удобрений варьировало: 2014, 2016, 2017 гг. отмечена средняя обеспеченность (44,7-50,4 мг/кг почвы), 2015, 2019, 2020 гг. – низкая (30,9-38,9 мг/кг почвы); в 2016 году содержание подвижного фосфора (P₂O₅) (по А.Т. Кирсанову) в почве было повышенное (154 мг/кг почвы), в 2017 году – высокое (144 мг/кг почвы), в остальные годы обеспеченность подвижным фосфором была средняя (58-99 мг/кг почвы); содержание подвижного калия (K₂O) (по А.Т. Кирсанову) в 2016, 2017 годы было повышенное (156 и 168 мг/кг почвы), в остальные годы – высокое и очень высокое.

В исследовании был включён гибрид кукурузы Пионер ПР39х32 с ФАО 180. Схема опыта содержала 7 вариантов в четырёхкратной повторности:

- 1) контроль (без внесения удобрения);
- 2) N₃₀P₃₀;
- 3) N₆₀P₃₀;
- 4) N₆₀P₆₀;
- 5) N₉₀P₆₀;
- 6) N₁₂₀P₆₀;
- 7) N₃₀P₃₀+N₂₀ (некорневая).

В опыте использовали 3 вида удобрений: аммофос и аммиачная селитра вносились весной до посева вручную под предпосевную культивацию, и мочевины в виде некорневой подкормки по вегетации в фазе 3-5 листа. Общая площадь делянок – 700 м², учётная площадь делянки – 32 м².

Исследования проводили в динамике роста и развития кукурузы: 3-5 лист, 9-11 лист, початкообразование, полная спелость. В почвенных образцах для слоя 0...20 см определяли нитратный азот [15]; обменный аммоний [16]; подвижный фосфор и калий методом А.Т. Кирсанова [17]. Учёт урожая проводили ручным сбором початков с учётных делянок.

Полученные в опыте данные подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа. Корреляционный анализ был проведён по средним значениям, количество пар равно количеству вариантов (n = 7).

Статистическую значимость различий между средними значениями параметров оценивали при уровне вероятности (p) 0,05.

Результаты и обсуждение

Внесение минеральных удобрений приводит к накоплению питательных веществ в почве [18]. Азот является важнейшим питательным элементом для роста и развития растения [19]. Запас минерального азота перед посевом кукурузы в слое почвы 0-20 см в среднем за 4 года составлял 44,1 мг/кг почвы (табл. 1). В фазе 3-5 листа отмечено увеличение количества $N_{\text{мин}}$ в почве при применении азотно-фосфорных удобрений. При этом накопление $N_{\text{мин}}$ по вариантам опыта растет с увеличением дозы вносимого азота. Максимальное его количество отмечено в варианте $N_{120}P_{60}$ – 109,1 мг/кг, что выше контроля в 3,7 раза. Интенсивный рост надземной массы кукурузы (фаза 9-11 листа) приводил к снижению $N_{\text{мин}}$ в почве, которое продолжалось до фазы полной спелости. Наибольшее содержание $N_{\text{мин}}$ в почве наблюдалось в варианте $N_{120}P_{60}$. Увеличение содержания $N_{\text{мин}}$ относительно контроля в данном варианте составляло, соответственно, 79,8; 31,0; 14,0 мг/кг почвы.

Таблица 1 - Содержание минерального азота в почве по фазам роста и развития растений кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.16.1>

Вариант	До посева, мг/кг почвы	3-5 лист, мг/кг почвы	9-11 лист, мг/кг почвы	Початкообраз ование, мг/кг почвы	Полная спелость, мг/кг почвы
Контроль	44,1	29,3	31,5	24,1	26,7
$N_{30}P_{30}$		44,6	45,5	25,3	29,6
$N_{60}P_{30}$		64,4	40,5	28,8	31,8
$N_{60}P_{60}$		66,3	53,9	32,7	31,2
$N_{90}P_{60}$		75,3	47,5	28,7	28,8
$N_{120}P_{60}$		109,1	62,5	45,9	40,7
$N_{30}P_{30}+N_{20}$		69,4	40,7	28,3	35,0

Фосфор является одним из важнейших элементов, несмотря на то, что он менее распространён в чернозёмовидных почвах, чем азот и калий. Перед посевом кукурузы содержание подвижного фосфора в среднем за 4 года составляло 109 мг/кг почвы (табл. 2). Наибольшее содержание P_2O_5 в почве отмечено в фазе 9-11 листа – 170 мг/кг почвы (вариант $N_{60}P_{60}$), что выше контроля почти в 2 раза. С фазы цветения начинается снижение в почве P_2O_5 , что связано с формированием урожая и накоплением элементов питания в зерне. К фазе полной спелости количество P_2O_5 в почве контрольного варианта составляло 70 мг/кг, в вариантах $N_{60}P_{60}$, $N_{120}P_{60}$ и $N_{30}P_{30}+N_{20}$ было на 32-49 мг/кг больше. Наибольшим содержанием P_2O_5 в почве в период вегетации кукурузы выделялись варианты $N_{60}P_{60}$ и $N_{120}P_{60}$.

Таблица 2 - Содержание подвижного фосфора в почве по фазам роста и развития растений кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.16.2>

Вариант	До посева, мг/кг почвы	3-5 лист, мг/кг почвы	9-11 лист, мг/кг почвы	Початкообраз ование, мг/кг почвы	Полная спелость, мг/кг почвы
Контроль	109,4	90,6	88,0	83,4	69,6
$N_{30}P_{30}$		93,1	123,3	90,9	73,9
$N_{60}P_{30}$		92,0	100,8	92,1	78,2
$N_{60}P_{60}$		107,6	170,3	134,2	101,8
$N_{90}P_{60}$		122,8	140,9	118,6	93,7
$N_{120}P_{60}$		116,3	146,7	136,5	118,4
$N_{30}P_{30}+N_{20}$		132,0	110,9	100,7	110,2

В среднем за 4 года исследований содержание K_2O в почве перед посевом кукурузы составляло 204 мг/кг почвы (табл. 3). Применение азотно-фосфорных удобрений не оказало существенного влияния на количество K_2O в почве, обеспеченность была на уровне контрольного варианта. В фазе 9-11 листа содержание K_2O в почве было самым низким за всю вегетацию, его количество по вариантам опыта уменьшилось на 6-22 мг/кг относительно содержания до посева. К фазе початкообразования наблюдалось повышение K_2O в почве по всем вариантам. Наибольшее содержание K_2O в почве было отмечено в фазе полной спелости зерна, вследствие оттока калия из растений в почву.

Таблица 3 - Содержание подвижного калия в почве по фазам роста и развития растений кукурузы

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.16.3>

Вариант	До посева, мг/кг почвы	3-5 лист, мг/кг почвы	9-11 лист, мг/кг почвы	Початкообраз ование, мг/кг почвы	Полная спелость, мг/кг почвы
Контроль	204,3	208,5	172,7	190,8	211,0
N ₃₀ P ₃₀		210,8	179,2	188,2	217,1
N ₆₀ P ₃₀		186,8	166,4	197,9	242,3
N ₆₀ P ₆₀		192,1	177,8	188,9	230,5
N ₉₀ P ₆₀		180,3	165,5	182,1	207,1
N ₁₂₀ P ₆₀		189,2	163,0	181,6	227,8
N ₃₀ P ₃₀ +N ₂₀		180,0	158,3	194,5	221,1

Вносимые под кукурузу минеральные удобрения оказали положительное влияние на показатели продуктивности кукурузы. Наиболее высокие растения отмечены в фазе полной спелости в вариантах N₁₂₀P₆₀ и N₃₀P₃₀+N₂₀ – 291,0 и 292,6 см, что выше контроля на 19,7 и 21,3 см соответственно. Максимальная площадь листьев за вегетационный период отмечена в фазе образования початков. Самый большой прирост площади листьев отмечен в варианте N₁₂₀P₆₀ и составил 70,0 тыс. м²/га, это выше контроля на 24,3 тыс. м²/га. Наибольшее накопление сухой наземной массы культуры отмечено в фазе молочной спелости зерна в варианте N₁₂₀P₆₀ – 34,3 ц/га, превышение контроля составляло 33 %.

Урожайность зелёной массы кукурузы в контрольном варианте изменялась по годам от 19,7 до 63,4 т/га и в среднем составила 43,9 т/га (табл. 4). Удобрения оказали существенное влияние на величину урожайности. В среднем за годы исследований внесение N₉₀P₆₀ повышало её на 16,1 т/га (36,7 %), N₁₂₀P₆₀ – 17,3 т/га (39,4 %). Максимальная урожайность зелёной массы (62,1 т/га) отмечена в варианте с применением мочевины в дозе N₂₀ в виде некорневой подкормки.

Наибольшая урожайность зеленой массы по годам исследований получена в 2015 году (63,4-92,4 т/га), несмотря на то, что летний период характеризовался повышенным температурным режимом и дефицитом осадков.

Таблица 4 - Урожайность кукурузы в зависимости от минеральных удобрений

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.16.4>

Вариант	Урожайность по годам, т/га							Прибавка урожайности,	
	2014	2015	2016	2017	2019	2020	средняя	т/га	%
зелёная масса									
Контроль	26,0	63,4	60,0	60,1	34,2	19,7	43,9	-	-
N ₃₀ P ₃₀	30,0	69,1	68,7	64,6	42,8	22,7	49,6	5,8	13,0
N ₆₀ P ₃₀	32,2	75,7	64,4	75,2	43,0	24,4	52,5	8,6	19,6
N ₆₀ P ₆₀	34,6	79,0	59,5	72,3	62,6	26,2	55,7	11,8	26,9
N ₉₀ P ₆₀	38,4	86,1	68,6	72,0	65,7	29,0	60,0	16,1	36,7
N ₁₂₀ P ₆₀	29,5	92,4	75,1	77,4	70,1	22,3	61,2	17,3	39,4
N ₃₀ P ₃₀ ⁺ N ₂₀	35,1	90,0	73,1	81,0	67,1	26,6	62,1	18,3	41,5
НСР ₀₅	1,5	9,8	8,3	2,4	1,2	0,4	0,5		
зерно									
Контроль	5,61	6,47	5,84	7,04	7,42	4,24	6,10	-	-
N ₃₀ P ₃₀	5,77	9,23	6,19	7,50	9,14	5,74	7,26	1,16	19,0
N ₆₀ P ₃₀	6,70	9,56	6,28	8,13	11,27	7,25	8,20	2,09	34,4
N ₆₀ P ₆₀	6,41	9,13	6,77	7,77	10,48	7,17	7,95	1,85	30,3
N ₉₀ P ₆₀	6,22	9,36	6,68	7,79	9,87	6,29	7,70	1,60	26,2
N ₁₂₀ P ₆₀	6,27	9,04	6,56	7,65	9,65	6,26	7,57	1,47	24,1
N ₃₀ P ₃₀ ⁺ N ₂₀	6,07	9,81	6,45	7,94	9,25	6,13	7,61	1,50	24,7
НСР ₀₅	0,44	0,18	0,32	0,20	0,58	0,17	0,15		

В среднем за 6 лет урожайность зерна кукурузы в контрольном варианте составляла 6,10 т/га (табл. 4). Применение азотно-фосфорных удобрений способствовало повышению урожайности, максимальная урожайность зерна кукурузы получена в варианте N₆₀P₃₀, прибавка по сравнению с вариантом без удобрений составила 2,09 т/га или 34,4 %.

Благоприятные сочетания тепла и увлажнения летом 2019 года обусловили формирование наибольшей урожайности зерна кукурузы. Максимальная урожайность зерна в этот год получена также в варианте N₆₀P₃₀ – 11,27 т/га, превышение контроля составляло 3,85 т/га.

Условия минерального питания оказывают большое влияние на структуру урожая кукурузы. Основными элементами структуры урожая являются: высота крепления початка, длина стержня, масса одного початка, число зёрен в початке, масса зерна с початка, масса 1000 зёрен [20].

Самое высокое крепление початка отмечено в варианте с высокой дозой удобрения (N₁₂₀P₆₀) – 89 см, это выше контроля на 12 см. Такое высокое крепление початков способствует упрощению уборки кукурузы. Масса зерна с каждого початка также заметно различалась и зависела от дозы вносимого удобрения. Значительно большей массой зерна обладали початки в варианте N₆₀P₃₀. С увеличением дозы минеральных удобрений масса 1000 зёрен значительно увеличивалась и составляла по вариантам опыта 231,4-269,5 г.

Между урожайностью и содержанием минерального азота наблюдается довольно тесная зависимость, особенно в фазах 3-5 и 9-11 листа ($r=0,64$ и $r=0,52$ соответственно). Зависимость урожайности от содержания подвижного фосфора в почве была средней силы во все периоды развития кукурузы, коэффициенты корреляции составляли 0,48-0,55. Выявлена сильная положительная связь между урожайностью зерна и сухой надземной массой ($r = 0,76$), а также между урожайностью зерна и площадью листовой поверхности ($r = 0,78$).

В производственных условиях важное значение имеет не только повышение урожайности возделываемых культур, но и окупаемость применяемых удобрений. Применение азотно-фосфорного удобрения в дозе N₆₀P₃₀ под кукурузу обеспечивает не только высокую урожайность зерна, но и самый высокий уровень рентабельности – 174,0 %, что на 16,9 % выше контрольного варианта, при этом себестоимость продукции снижается, и увеличивается дополнительный доход. Основываясь на полученных данных, можно считать вариант N₆₀P₃₀ экономически выгодным и целесообразным.

Заключение

По результатам исследований применения минеральных удобрений на посевах кукурузы в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области установлено:

1. Внесение азотно-фосфорных удобрений способствует обогащению чернозёмовидной почвы подвижными формами питательных элементов: $N_{120}P_{60}$ – увеличивает содержание минерального азота на 1,2-21,8 мг/кг; $N_{60}P_{60}$ и $N_{120}P_{60}$ – повышают содержание подвижного фосфора на 18,8-93,5 % и при этом не оказывают существенного влияния на количество подвижного калия в почве.

2. Предпосевное внесение $N_{30}P_{30}$ в сочетании с некорневой подкормкой N_{20} в фазе 3-5 листа обеспечивает наибольшую урожайность зелёной массы кукурузы, которая в среднем за шесть лет составляла 62,1 т/га, что выше контроля на 41,5 %.

3. Внесение $N_{60}P_{30}$ повышает урожайность зерна кукурузы на 2,09 т/га относительно контроля, к тому же данный вариант является наиболее экономически выгодным.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Панасюк А.Н. Состояние производства кукурузы на зерно в Амурской области. / А.Н. Панасюк, Е.С. Петренко, Н.О. Максименкова и др. // Современные научные исследования и инновации. — 2016. — 4(60). — с. 188-191.
2. Петренко Е.С. Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области. / Е.С. Петренко, О.Г. Эрнст, Н.О. Смолянинова и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — 12. — с. 1266-1269. — URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11026> (дата обращения: 24.10.22).
3. Амурстат: официальный сайт [Электронный ресурс] // Амурский статистический ежегодник. — 2020. — URL: https://amurstat.gks.ru/infuslugi_katalog_publications. (дата обращения: 05.11.22)
4. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений и междурядной обработки кукурузы на урожайность кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья. / Е.А. Дёмин, Н.В. Фисунов // Вестник Курганской ГСХА. — 2017. — №4(24). — с. 33-35. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobreniy-i-mezhduryadnoy-obrabotki-na-urozhaynost-kukuruzy-v-usloviyah-lesostepnoy-zony-zauryalya/viewer> (дата обращения: 24.10.22).
5. Safania A. The effects of biological and mineral fertilizers on yield and yield components of corn (*Zea mays*) CV. S.C. 604 in drought condition. / A. Safania, M. Yarnia, A.H.H. Mogbeli // Journal of Food Agriculture and Environment. — 2012. — 10(3). — p. 667-672.
6. Mikhailova M.Yu. The effect of nutritional backgrounds on the formation of leaf surface and yield and green mass of corn / M.Yu. Mikhailova, I.P. Talanov // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources». — 2020. — 17. — DOI: 10.1051/bioconf/20201700074.
7. Завьялова Н.Е. Агрехимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур при внесении возрастающих доз полного минерального удобрения. / Н.Е. Завьялова, А.Н. Сторожева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2015. — 4(47). — с. 24-30.
8. Абашев В.Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы. / В.Д. Абашев, Ф.А. Попов, Е.Н. Носкова и др. // Пермский аграрный вестник. — 2017. — 1(17). — с. 7-11.
9. Кибирев К.В. Формирование урожайности зерна кукурузы при использовании органо-минеральных удобрений в условиях Зейско-Буреинской равнины дис. ...канд. null: 06.01.09, 06.01.04 : защищена 2004-10-29 : утв. 2004-10-29 / К.В. Кибирев — Барнаул: 2004. — 158 с.
10. Косицына О.А. Роль элементов технологии в формировании урожайности зерна кукурузы в условиях Зейско-Буреинской равнины дис. ...канд. null: 06.01.09 : защищена 2004-10-29 : утв. 2004-10-29 / О.А. Косицына — Барнаул: 2004. — 156 с.
11. Пак С.Б. Оптимизация водного режима для получения запланированных урожаев зеленой массы кукурузы на лугово-черноземовидных почвах Зейско-Буреинской равнины дис. ...канд. null: 06.01.02 : защищена 2005-03-01 : утв. 2005-03-01 / С.Б. Пак — Волгоград: 2005. — 230 с.
12. Шуран Т.Г. Водопотребление и режим орошения зеленой массы кукурузы на силос при внутривидном орошении и внесении минеральных удобрений в условиях Приамурья дис. ...канд. null: 06.01.02 : защищена 2006-04-18 : утв. 2006-04-18 / Т.Г. Шуран — Волгоград: 2006. — 192 с.
13. Чепелева А.В. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении минеральных удобрений в условиях Амурской области. / А.В. Чепелева, Г.П. Чепелев // Вестник КрасГАУ. — 2019. — 10(151). — с. 49-56. (дата обращения: 20.01.23).
14. Калашников Р.П. Влияние минеральных удобрений на ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы. / Р.П. Калашников, С.А. Фокин, Е.А. Семенова и др. // Дальневосточный аграрный вестник. — 2020. — 3(55). — с. 26-34. — DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13030
15. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. — Введ. 1987-07-01. — М.: Издательство стандартов, 1986. — 7 с.

16. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО — Введ. 1986-07-01. — М.: Издательство стандартов, 1985. — 5 с.
17. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. — Введ. 2013-01-01. — М.: Стандартинформ, 2019. — 8 с.
18. Tittonell P. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. / P. Tittonell, K.E. Giller // *Field Crops Research*. — 2013. — 143. — p. 76-90.
19. Pravin G. Study on nitrogen concentration of corn hybrids. / G. Pravin, G. Dawn, W. Zeno // *American journal of agricultural and biological sciences*. — 2011. — 6(1). — p. 39-42.
20. Кравченко Р.В. Анализ параметров экологической пластичности и стабильности продуктивности гибридов кукурузы различных групп спелости. / Р.В. Кравченко, А.А. Шовканов // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. — 2012. — 35. — с. 259-263.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Panasyuk A.N. Sostoyanie proizvodstva kukuruzy' na zerno v Amurskoj oblasti [The state of corn production for grain in the Amur region]. / A.N. Panasyuk, E.S. Petrenko, N.O. Maksimenkova et al. // *Sovremenny'e nauchny'e issledovaniya i innovacii* [Modern scientific research and innovation]. — 2016. — 4(60). — p. 188-191. [in Russian]
2. Petrenko E.S. Osobennosti texnologii vozdeleyvaniya kukuruzy' na zerno v usloviyax Amurskoj oblasti [Features of corn cultivation technology for grain in the conditions of the Amur region]. / E.S. Petrenko, O.G. E'rnst, N.O. Smolyaninova et al. // *Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x i fundamental'ny'x issledovanij* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. — 2016. — 12. — p. 1266-1269. — URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11026> (accessed: 24.10.22). [in Russian]
3. Amurstat: oficial'ny'j sajt [Amurstat: official website] [Electronic source] // *Amur Statistical Yearbook*. — 2020. — URL: https://amurstat.gks.ru/infuslugi_katalog_publications. (accessed: 05.11.22) [in Russian]
4. Dyomin E.A. Vliyanie mineral'ny'x udobrenij i mezhduryadnoj obrabotki kukuruzy' na urozhajnost' kukuruzy' v usloviyax lesostepnoj zony' Zaural'ya [The influence of mineral fertilizers and row-to-row corn processing on corn yield in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. / E.A. Dyomin, N.V. Fisunov // *Vestnik Kurganskoj GSXA* [Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy]. — 2017. — №4(24). — p. 33-35. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-mineralnyh-udobrenij-i-mezhduryadnoj-obrabotki-na-urozhajnost-kukuruzy-v-usloviyah-lesostepnoj-zony-zaural'ya/viewer> (accessed: 24.10.22). [in Russian]
5. Safania A. The effects of biological and mineral fertilizers on yield and yield components of corn (*Zea mays*) CV. S.C. 604 in drought condition. / A. Safania, M. Yarnia, A.H.H. Mogbeli // *Journal of Food Agriculture and Environment*. — 2012. — 10(3). — p. 667-672.
6. Mikhailova M.Yu. The effect of nutritional backgrounds on the formation of leaf surface and yield and green mass of corn / M.Yu. Mikhailova, I.P. Talanov // *BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources»*. — 2020. — 17. — DOI: 10.1051/bioconf/20201700074.
7. Zav'yalova N.E. Agroximicheskie svoystva demovo-podzolistoj pochvy' i urozhajnost' polevy'x kul'tur pri vnesenii vozrastayushhix doz polnogo mineral'nogo udobreniya [Agrochemical properties of sod-podzolic soil and yield of field crops when applying increasing doses of complete mineral fertilizer]. / N.E. Zav'yalova, A.N. Storozheva // *Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of the Euro-North-East]. — 2015. — 4(47). — p. 24-30. [in Russian]
8. Abashev V.D. Vliyanie mineral'ny'x udobrenij na urozhajnost' zerna yarovoj pshenicy' [The influence of mineral fertilizers on the yield of spring wheat grain]. / V.D. Abashev, F.A. Popov, E.N. Noskova et al. // *Permskij agrarny'j vestnik* [Perm Agrarian Bulletin]. — 2017. — 1(17). — p. 7-11. [in Russian]
9. Kibirev K.V. Formirovanie urozhajnosti zerna kukuruzy' pri ispol'zovanii organo-mineral'ny'x udobrenij v usloviyax Zejsko-Bureinskoj ravniny' [Formation of corn grain yield when using organic-mineral fertilizers in the conditions of the Zeysko-Bureinskaya plain] dis....of PhD in Agriculture: 06.01.09, 06.01.04 : defense of the thesis 2004-10-29 : approved 2004-10-29 / K.B. Кибирев — Barnaul: 2004. — 158 p. [in Russian]
10. Kosicy'na O.A. Rol' e'lementov texnologii v formirovanii urozhajnosti zerna kukuruzy' v usloviyax Zejsko-Bureinskoj ravniny' [The role of technology elements in the formation of corn grain yield in the conditions of the Zeysko-Bureinskaya plain] dis....of PhD in Agriculture: 06.01.09 : defense of the thesis 2004-10-29 : approved 2004-10-29 / O.A. Косицына — Barnaul: 2004. — 156 p. [in Russian]
11. Pak S.B. Optimizaciya vodnogo rezhima dlya polucheniya zaplanirovanny'x urozhav zelenoj massy' kukuruzy' na lugovo-chernozemovidny'x pochvax Zejsko-Bureinskoj ravniny' [Optimization of the water regime for obtaining planned harvests of green mass of corn on meadow-chernozem soils of the Zeysko-Bureinskaya plain] dis....of PhD in Agriculture: 06.01.02 : defense of the thesis 2005-03-01 : approved 2005-03-01 / С.Б. Пак — Volgograd: 2005. — 230 p. [in Russian]
12. Shuran T.G. Vodopotreblenie i rezhim orosheniya zelenoj massy' kukuruzy' na silos pri vnuritriochvennom oroshenii i vnesenii mineral'ny'x udobrenij v usloviyax Priamur'ya [Water consumption and irrigation regime of green mass of corn for silage during intra-soil irrigation and mineral fertilizers in the Amur region] dis....of PhD in Agriculture: 06.01.02 : defense of the thesis 2006-04-18 : approved 2006-04-18 / Т.Г. Шуран — Volgograd: 2006. — 192 p. [in Russian]
13. Chepeleva A.V. Urozhajnost' i kachestvo zerna kukuruzy' pri primenenii mineral'ny'x udobrenij v usloviyax Amurskoj oblasti [Productivity and quality of corn grain when using mineral fertilizers in the Amur region]. / A.V. Chepeleva, G.P. Chepelev // *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU]. — 2019. — 10(151). — p. 49-56. (accessed: 20.01.23). [in Russian]
14. Kalashnikov R.P. Vliyanie mineral'ny'x udobrenij na fermentativnyuyu aktivnost' chernozemovidnoj pochvy' pod posevami kukuruzy' [The influence of mineral fertilizers on the enzymatic activity of chernozem soil under corn crops]. / R.P.

Kalashnikov, S.A. Fokin, E.A. Semenova et al. // *Dal'nevostochny'j agrarny'j vestnik* [Far Eastern Agrarian Bulletin]. — 2020. — 3(55). — p. 26–34. — DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13030 [in Russian]

15. GOST 26951-86. Pochvi. Opredelenie nitratov ionometricheskim metodom [GOST 26951-86. Soil. Determination of nitrates by ionometric method]. — Introduced 1987-07-01. — M.: Publishing House of Standards, 1986. — 7 p. [in Russian]

16. GOST 26489-85. Pochvi. Opredelenie obmennogo ammoniya po metodu TsINAO [GOST 26489-85. Soil. Determination of exchange ammonium by the TSINAO method] — Introduced 1986-07-01. — M.: Publishing House of Standards, 1985. — 5 p. [in Russian]

17. GOST R 54650-2011. Pochvy'. Opredelenie podvizhny'x soedinenij fosfora i kaliya po metodu Kirsanova v modifikacii CINAO [GOST R 54650-2011. Soil. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by the Kirsanov method in the modification of the TSINAO]. — Introduced 2013-01-01. — M.: Standartinform, 2019. — 8 p. [in Russian]

18. Tittonell P. When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. / P. Tittonell, K.E. Giller // *Field Crops Research*. — 2013. — 143. — p. 76-90.

19. Pravin G. Study on nitrogen concentration of corn hybrids. / G. Pravin, G. Dawn, W. Zeno // *American journal of agricultural and biological sciences*. — 2011. — 6(1). — p. 39-42.

20. Kravchenko R.V. Analiz parametrov e'kologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti produktivnosti gibridov kukuruzy' razlichny'x grupp spelosti [Analysis of parameters of ecological plasticity and productivity stability of maize hybrids of various ripeness groups]. / R.V. Kravchenko, A.A. Shovkanov // *Trudy' Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. — 2012. — 35. — p. 259-263. [in Russian]