УДК 631.415 DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.10

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КИСЛОТНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА

А.Ю. Шацков[1], Ю.И. Чевердин[2], д.б.н., В.И. Турусов[2], ак. РАН

[1] Волгоградский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба»
400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 7

[2]ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»
(ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ»)
397463, Воронежская обл., Таловский р-н, пос.2-го участка института им. Докучаева,
cheverdin62@mail.ru

Проведены исследования изменения кислотности чернозема под влиянием возрастающих доз комплексных минеральных удобрений в лабораторных опытах. Доза удобренности варьировала от 0 до 30 тыс. кг/га. При проведении исследований использовали аммофос (АФ), диаммофос (ДАФ), нитроаммофоску (НАФК), нитроаммофос (НАФ), жидкое комплексное удобрение (ЖКУ) и перепревший навоз. Установлены особенности изменения реакции среды и продуктивности растений в зависимости от фона удобренности. Использование максимально высоких доз минеральных удобрений не способствовало увеличению кислотности до высокого уровня градации. Актуальная кислотность варьировала в основном в пределах 5,5-5,8 ед. pH, *потенциальная – в интервале 5,0-5,2. Отмечена явно выраженная тенденция к увеличению продуктивности растений ярового ячменя при дозах удобрений до 6 тыс. кг/га. Превышение этой дозы вызывало гибель растений. Тесной зависимости между продуктивностью и кислотностью не выявлено.*

Ключевые слова: чернозем, минеральные удобрения, кислотность почв, продуктивность растений.

Для цитирования: *Шацков А.Ю., Чевердин Ю.И., Турусов В.И.* Влияние возрастающих доз комплексных минеральных удобрений на кислотность чернозема// Плодородие. – 2026. – №3. – С. 56-60. DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.10.

В повышении плодородия и продуктивности пашни ведущая роль принадлежит обеспеченности почв элементами минерального питания. Основными источниками повышения их содержания в современных агротехнологиях служат минеральные удобрения [6, 9]. В настоящее время в сельскохозяйственных регионах России отмечен рост увеличения объемов применения минеральных удобрений [3]. Минеральные удобрения влияют на кислотно-основные свойства почвы с негативными последствиями для возделываемых растений [4].

Черноземные почвы в результате интенсивного сельскохозяйственного использования подвержены воздействию разнонаправленных процессов, приводящих к деградации почв. Одним из видов деградации является подкисление почв степной и лесостепной провинций России. Распространение кислых почв в Центральном Черноземье подчинено определенной зональности [7]. Оптимальные физико-химические свойства черноземных почв, подверженных активному сельскохозяйственному воздействию, являются одним из основных факторов получения стабильных урожаев. Изменение реакции среды, подкисление почв негативно отражаются на биологической активности [1, 2]. Увеличение градации значений обменной кислотности отмечается при повышенных и высоких дозах минеральных удобрений [8]. Длительное их использование под культуры севооборота, повышая эффективное плодородия, негативно сказывается на кислотно-основных свойствах чернозема [5].

Всевозрастающие объемы применения минеральных удобрений в современных агротехнологиях актуализируют проблемы изменения реакции среды почв в основных земледельческих районах России. Необходимо проведение поисковых работ для оценки изменения кислотности черноземных почв.

Цель наших исследований – изучить влияние возрастающих доз комплексных минеральных удобрений на кислотность черноземов и продуктивность растений.

Методика. Исследования проведены в условиях микровегетационного опыта. Почва для опыта специально взята из микрозападины водораздельного участка, как менее насыщенная обменными основаниями. При величине гидролитической кислотности (Нг) 5,88 ммоль-экв/100 г насыщенность основаниями составляла 83,7%, $pH_{сол.}$ 5,25, $pH_{вод.}$ 5,80. Содержание обменного кальция равно 36,0 ммоль-экв., что составило 68,85% от суммы поглощенных катионов, обменно-поглощенного магния – 4,95 ммоль-экв. (13,0%). Согласны с гипотезой о том, что если в этой почве высокие дозы удобрений не будут сдвигать реакцию среды, то не следует ожидать в почвах высоконасыщенных оснований.

По гранулометрическому составу почва представляет собой тяжёлый пылеватый суглинок.

Комплексные минеральные удобрения, испытанные в опыте, представлены аммофосом (АФ) $N_{12}P_{50}$, диаммофосом (ДАФ) $N_{23}P_{34}$; нитроаммофоской (НАФК) $N_{17}P_{17}K_{17}$, нитроаммофосом (НАФ) $N_{23}P_{23}$, ЖКУ $N_{10}P_{34}$, навозом коровьем перепревшим в дозах 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 400 т/га. Расчёт доз комплексных удобрений в опыте произведён по содержанию фосфора.

Микровегетационные опыты проведены в сосудах в пятикратной повторности. Сосуды заполняли абсолютно сухой почвой из расчета 200 г.

Посев растений ярового ячменя проведен из расчета 15 семян на сосуд. Уборку осуществляли при достижении растениями фазы трубкования.

1. Кислотность и нейтрализующая способность минеральных удобрений

Название удобрения	$pH_{вод.}$ суспензии	Нейтрализующая способность, % $CaCO_3$	Ca, % $CaCO_3$	Mg, % $MgCO_3$
Аммофос	3,90	8,10	6,32	10,12
Нитроаммофос.	5,57	6,82	5,05	5,06
Нитроаммофоска,	7,36	16,32	2,55	7,65
Жидкое комплексное удобрение (ЖКУ)	7,75	35,60	3,79	нет
Диаммофос	7,75	35,60	3,79	нет

pH определяли потенциометрически. Статистическая обработка и визуализация данных проведены с использованием пакета Excel.

В таблице 1 представлены кислотность и нейтрализующая способность минеральных удобрений. Более кислая реакция свойственна аммофосу и нитроаммофосу. Диаммофос, нитроаммофоска и ЖКУ имели реакцию, превышающую 7 единиц pH – 7,36-7,75.

Результаты и их обсуждение. Комплексные удобрения, как правило, содержат два и более питательных минеральных элемента. Они сбалансированы по их соотношению и позволяют оптимизировать питание растений, повысить эффективность применения. Немалый интерес представляет изучение влияние комплексных удобрений на кислотность черноземных почв, учитывая возрастающие объемы их применения и особенности химического состава почв, обусловленные генезисом.

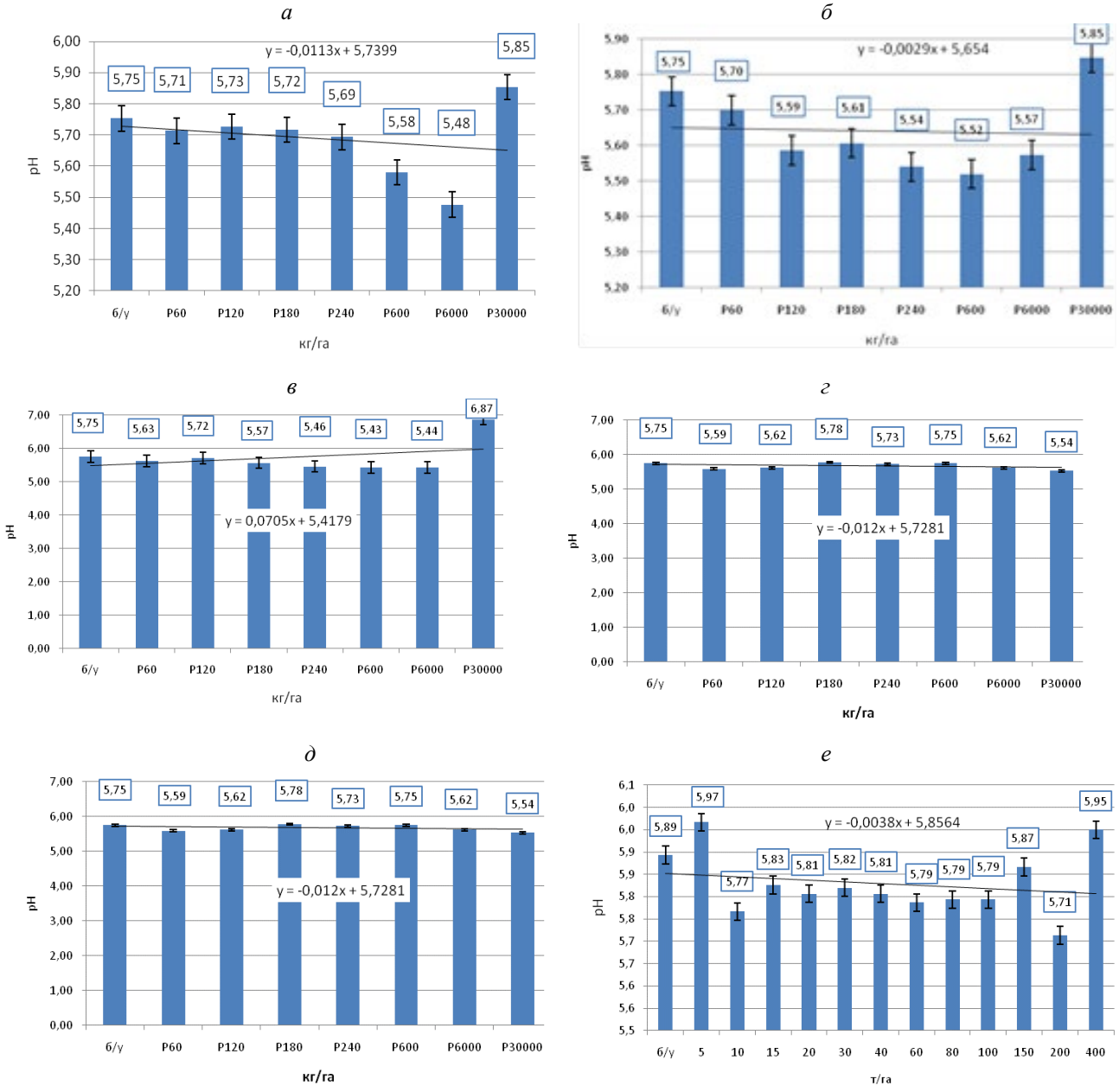

Рис. 1. Актуальная кислотность:
а – аммофос, б – нитроаммофос, в – диаммофос, г – нитроаммофоска, д – жидкое комплексное удобрение (ЖКУ), е – навоз

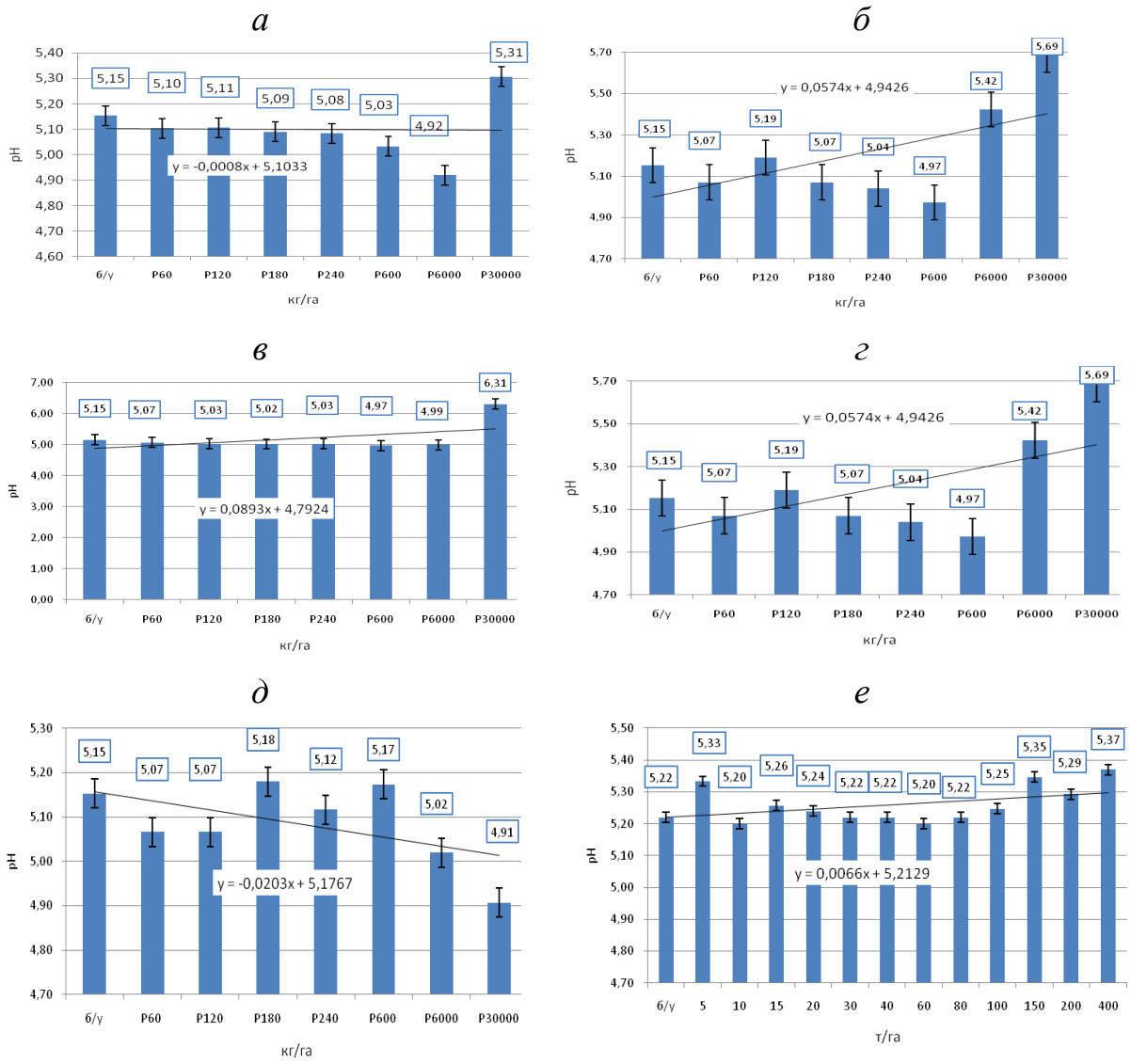

Рис. 2. Потенциальная кислотность:
а – аммофос, б – нитроаммофос, в – диаммофос, г – нитроаммофоска, д – жидкое комплексное удобрение (ЖКУ), е – навоз

По результатам исследований, возрастающие дозы удобрений не вызвали достоверного увеличения кислотности почвы и предполагаемую трансформацию в этом направлении. По всем комплексным удобрениям не установлено существенных доказуемых сдвигов реакции почвенной среды по отношению к контролю – почве без удобрений (рис. 1, 2). При больших дозах удобрений ($Р_{30000}$), за исключением ЖКУ, отмечается повышение $pH_{сол.}$. По этому варианту в зависимости от форм удобрений $pH_{сол.}$ колебался в интервале 5,33-6,31 ед., при уровне его на контроле – 5,15. По ЖКУ в дозе $Р_{30000}$ $pH_{сол.}$ был равен 4,91, что несколько ниже, чем на контроле. Уровень pH определяется соотношением фосфорнокислого остатка, нитратного и аммонийного азота в удобрениях. С увеличением содержания азота в форме аммония $pH_{сол.}$ повышается, а при возрастании доли фосфора понижается. Нитратный азот обуславливает сдвиг реакции в кислую сторону. По удобрениям, содержащим нитратный азот, при их высоких дозах (отчётливо в варианте $Р_{30000}$) различие между водным и солевым pH сводится к минимуму. Это свидетельствует о том, что реакция почвенной среды в данном случае определяется в основном водородом, находящимся в почвенном растворе, и в меньшей мере тем, который поглощён.

В целом можно констатировать, что комплексные удобрения не вызывают резкого сдвига реакции почвенной среды. Теоретические положения о подкисляющем действии минеральных удобрений имеют сложную природу, и не всегда объяснимы с позиции их подкисляющего действия [4].

При максимальной дозе удобрений по убыванию значения pH комплексные удобрения составляют следующие ряды: $pH_{сол.}$, диаммофос, $N_{23}P_{34}$ – 6,31, нитроаммофоска, $N_{17}P_{17}K_{17}$ – 6,18, нитроаммофос, $N_{23}P_{23}$-5,69, аммофос, $N_{12}P_{50}$ – 5,33, ЖКУ, $N_{10}P_{34}$ – 4,91, контроль – 5,15 $pH_{вод.}$, диаммофос, $N_{23}P_{34}$ – 6,87, нироаммофоска, $N_{17}P_{17}K_{17}$ – 6,28, аммофос, $N_{12}P_{50}$ – 5,85, нитроаммофос, $N_{23}P_{23}$ – 5,85 жидкое комплексное удобрение (ЖКУ), $N_{10}P_{34}$ – 5,54, контроль – 5,75.

Наибольшее число градаций уровня удобренности (двенадцать) испытано по перепревшему подстилочному навозу. При этом какой-либо закономерности по реакции среды не выявлено. Можно отметить незначительное варьирование по различным дозам от средней величины. При максимальной дозе навоза 400 т/га $pH_{сол.}$ равнялся 5,37, $pH_{вод.}$ – 5,95 (рис. 1, 2). Контроль, соответственно, 5,32 и 5,89.



Рис. 3. Продуктивность ячменя в микровегетационном опыте с различными дозами комплексных удобрений:
а – аммофос, б – нитроаммофос, в – диаммофос, г – нитроаммофоска, д – жидкое комплексное удобрение (ЖКУ), е – навоз

Анализируя данные по продуктивности растений, можно констатировать, что различные дозы подстилочного навоза не различаются между собой по продуктивности растений (рис. 3). Отмечено варьирование в пределах 0,8-0,9 г/раст. Это связано с высоким уровнем плодородия исходной почвы, обеспечивающей получение высоких урожаев без дополнительного применение удобрительных смесей.

Между величиной реакции почвенной среды и уровнем продуктивности растений нет чёткой зависимости (рис.3). Однако, максимальная продуктивность растений приурочена в основном к более низким величинам pH и при уровне удобренности $Р_{6000}$, реже при $Р_{600}$.

При дозе $Р_{30000}$ наблюдается снижение продуктивности растений или полная их гибель. Исключением является ЖКУ, по которому продуктивность растений при изменении дозы удобрения колебалась практически в узком интервале. Растения при этой дозе во всех случаях отсутствовали на фоне комплексных удобрений, включающих нитратный азот и диаммофос. Это связано, видимо, с большим количеством, в отличие от других вариантов, аммонийного азота, внесенного вместе с фосфором.

Заключение. Вопрос о влиянии применения удобрений на реакцию почвенной среды важный. В результате проведенных исследований получены данные, позволяющие оценить роль возрастающих доз минеральных удобрений на изменение кислотности черноземов тяжелого гранулометрического состава. Лабораторные наблюдения показывают, что применение минеральных удобрений не приводило к подкислению почв. Однако, прямое действие кислых удобрений может временно проявляться. Высокая насыщенность почвенного поглощающего комплекса (ППК) обменными основаниями по вариантам применения удобрений стабилизирует кислотность.

По имеющимся данным результатов опыта (неопубликованным) в отношении реакции почвенной среды

можно прийти к выводу, что систематическое (в течение 21 года) применение удобрений в дозах по сумме NPK 91 и 182 кг/га в среднем за год также не привело к подкислению почвы. Анализ изучения изменения кислотности почвы в нашем полевом опыте планируем опубликовать в последующих статьях.

Не установлено тесной связи продуктивности растений ярового ячменя с показателями кислотности чернозема. Более высокие показатели характерны для более низких значений pH. Максимальная продуктивность отмечена в большинстве случаев при уровне удобренности P_{6000}, несколько реже при P_{600}. Повышение фона удобренности вызывало снижение продуктивности или полную гибель растений.

Увеличивающиеся дозы подстилочного навоза не изменили реакцию среды чернозема. Все значения близки к контрольно

Литература
1. *Карабутов А.П., Уваров Г.И.* Калийный режим чернозема типичного под влиянием элементов агротехнологии // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. − 2015. − № 3. − С. 58–66.
2. *Кольцова О.М., Корчагин И.С.* Биомониторинг чернозема выщелоченного в условиях длительного применения удобрений и мелиоранта // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т.17. – №4 (83). – С.47-54. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_4_47.
3. *Лукин С.В.* Мониторинг агроэкологического состояния пахотных почв Центрально-Черноземного района России // Агрохимия. – 2023. – № 4. – С. 67–77. DOI: 10.31857/S0002188123040075, EDN: DIMNZW
4. *Макаров В.И.* К физиологической кислотности азотных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №8. – С.27-30.
5. *Минакова О.А., Александрова Л.В., Вилков В.М.* Агрогенная трансформация почвенного плодородия чернозема выщелоченного при внесении удобрений в зерносвекловичном севообороте в ЦЧР // Агрохимия. – 2025. – №6. – С.3–13. DOI: 10.31857/*S0002188125060019*.
6. *Минеев В.Г., Бычкова Л.А.* Состояние и перспективы применения минеральных удобрений в мировом и отечественном земледелии // Агрохимия. − 2003. − № 8. − С. 5–12.
7. *Некрасов Р.В., Лукин С.В., Куницын Д.А., Пироженко В.В., Сискевич Ю.И., Бадин А.Е.* Мониторинг основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв в Центрально-Черноземном районе России // Достиж. науки и техн. АПК. – 2021. – Т. 35. – № 9. – С. 4–10. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_4.
8. *Панарин Д.И., Смуров С.И., Ступаков А.Г., Куликова М.А.* Формирование агрохимических и физико-химических свойств чернозёма типичного на посевах подсолнечника под влиянием удобрений в звене севооборота // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – №4. – С.89-96.
9. *Сычев В.Г., Шафран С.А., Ильюшенко И.В.* Применение минеральных удобрений и их эффективность в различных зонах России // Плодородие. – 2022. – №3. – С. 3-6. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.01.

UDK 631.415

THE EFFECT OF INCREASING DOSES OF COMPLEX MINERAL FERTILIZERS ON THE ACIDITY OF CHERNOZEM

A.Y. Shatskov[1], Director,
Yu.I. Cheverdin[2], Doctor of Biological Sciences,
V.I. Turusov[2], Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Science

[1]Volgograd branch of the Federal State Budgetary Institution «Rosagrokhimluzhba»
7 Timiryazeva St., Volgograd, 400002

[2]Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev (Voronezh FANC)
397463 Voronezh region, Talovsky district, village of the 2nd site of the Institute named after V.V. Dokuchaev,
cheverdin62@mail.ru

Studies of changes in the acidity of chernozem under the influence of increasing doses of complex mineral fertilizers in laboratory experiments have been conducted. The fertilizer dose ranged from 0 to 30,000 kg/ha. During the research, ammophos (AF), diammophos (DAP), nitroammophos (NAFK), nitroammophos (NAF), housing and communal services and rotted manure were used. The peculiarities of changes in the reaction of the environment and plant productivity depending on the background of fertilization have been established. The use of the highest possible doses of mineral fertilizers did not contribute to an increase in acidity to a high level of gradation. The actual acidity varied mainly in the range of 5.5-5.8 pH units, the potential in the range of 5.0-5.2. There is a pronounced tendency to increase the productivity of spring barley plants at fertilization rates up to 6000 kg/ha. Exceeding this dose caused the death of plants. There is no close relationship between productivity and acidity.
Keywords: chernozem, mineral fertilizers, soil acidity, plant productivity.