



МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Н.С. Четверикова

С.В. Лукин

Л.В. Марциневская

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

*E-mail:
serg.lukin2010@yandex.ru*

В статье рассмотрена динамика кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия, серы, цинка, марганца, органического вещества в черноземах лесостепной зоны (на примере Ивнянского района Белгородской области). Проанализированы статистические данные по использованию удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: деградация, декарбонизация, кислотность почвы, мониторинг, органическое вещество почвы, плодородие почвы, подвижные формы фосфора и калия, чернозем, удобрения.

Введение

Охрана и рациональное использование почв – важнейшие составные части стратегии сбалансированного развития агропромышленного комплекса. За счет использования плодородия почв человечество получает около 95% всех продуктов питания. Основоположник агрохимии Юстус Либих утверждал, что причина возникновения и падения наций одна и та же. Расхищение плодородия почвы обуславливает их гибель, поддержание же плодородия – их жизнь, богатство и могущество [1]. Эталон плодородия во всем мире считается русский чернозем. Упоминание о «золотом» кубе тучного воронежского чернозема можно встретить в учебниках почвоведения любой страны мира. По мнению В.В. Докучаева, чернозем всегда был, есть и будет основой благополучия России. Однако великий русский почвовед всегда подчеркивал, что чернозем – царь почв, но он нуждается и в «царском» уходе, иначе не будет выполнять элементарных обязанностей слуги [2].

По образному выражению И.А. Крупенникова: «сила и беззащитность – единство противоположностей заключенных в черноземе» [3]. С одной стороны, уникальные свойства черноземов помогли нашим сельскохозяйственным землям сохранить в неблагоприятных и часто меняющихся условиях эксплуатации не только основную часть их потенциального плодородия, но и необходимые для человека экологические функции ландшафта. Черноземы и в настоящее время остаются самими плодородными почвами России. С другой стороны, в процессе длительного сельскохозяйственного использования черноземы не получали «царского» ухода, они были беззащитны перед прогрессирующим развитием эрозии и другими видами деградации, поэтому существенно снизилось их плодородие, о чем свидетельствуют многочисленные исследования [4, 5].

Цель данной работы – проанализировать динамику показателей плодородия почв лесостепной зоны, применения удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследования

В статье использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв Ивнянского района Белгородской области входящего в лесостепную зону, представленных в основном черноземом типичным (62.2%) и черноземом выщелоченным (36.1%). Площадь пахотных почв в районе составляет 57.1 тыс. га. Средняя многолетняя температура воздуха (по данным метеостанции Готня) составляет 6.1 °С, средняя годовая сумма осадков – 612 мм, в том числе за период апрель-сентябрь – 345 мм.

При проведении агрохимического обследования одна объединенная почвенная проба (состоящая из 20-40 точечных проб) отбиралась из пахотного (0-25 см) слоя почвы с площади 20 га. Все аналитические исследования проводились в аккредито-

ванной лаборатории ФГУ «Центр агрохимической службы «Белгородский».

В соответствии с принятой в агрохимической службе России методикой в отобранных почвенных пробах органическое вещество определяется по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–93). Подвижный фосфор и калий (по Чирикову) определяется в соответствии с ГОСТ 26204–91. Гидролитическая кислотность определяется по ГОСТ 26212–91, *pH* солевой вытяжки – методом ЦИНАО по ГОСТ 26483–85. Определение содержания подвижных форм цинка проводится по ГОСТ Р 50686–94, подвижных форм меди – по ГОСТ Р 50683–94, подвижных форм марганца – по ГОСТ Р 50685–94, подвижных форм кобальта – по ГОСТ Р 50683–94, подвижных форм серы – по ГОСТ 26490–85.

В статье использованы данные органов государственной статистики по урожайности озимой пшеницы и сахарной свеклы, дозам вносимых удобрений в Ивнянском районе Белгородской области за 1964–2009 гг.

Результаты и их обсуждение

С точки зрения современной экологии органическое вещество почвы является важнейшим, незаменимым компонентом всего мироздания, оно связующее звено между живой и неживой природой, вещественно-энергетическая основа функционирования экосистем всех рангов [6]. Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основным критерием почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются с точки зрения устойчивости почв как компонента биосферы. Органическое вещество в большой мере определяет пищевой режим почв, оказывая на него прямое влияние как источник элементов питания. В составе органического вещества концентрируется около 90% почвенного азота, значительное количество фосфора, калия, кальция и микроэлементов. Косвенное влияние органического вещества обусловлено действием различных групп органических веществ на физико-химические и водно-физические свойства почв. С органическим веществом связано образование агрономически ценной структуры почвы, увеличение влагоемкости.

Однако традиционное представление о прямой тесной связи содержания органического вещества в почве и урожайностью сложилось при умеренном применении удобрений, когда почвенный гумус оставался основным источником элементов питания. При высоком уровне интенсификации земледелия влияние органического вещества почвы на урожайность проявляется слабее.

Содержание органического вещества в целинном черноземе типичном заповедного участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье» составляет 10% (слой 10–20 см) [7]. Первое сплошное обследование пахотных почв района на содержание органического вещества было проведено в 1985 г., а последнее в 2010 г. В настоящее время 87,6% площадей обследованных почв характеризуются средним (4–6%), а 9,9% – повышенным (6–8%) содержанием органического вещества. Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах района составляет 5,4%. За период наблюдений снижения содержания данного показателя не зафиксировано.

Фосфор – один из важнейших элементов питания растений. По современным представлениям ему принадлежит исключительная роль в энергетике живой клетки, благодаря образованию фосфорорганических соединений с большими запасами свободной энергии, которые необходимы для протекания процессов, как поглощения элементов питания, так и синтеза и обмена веществ в растениях. В связи с этим своевременное удовлетворение потребности растений в фосфоре является одним из главных условий формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Обеспеченность подвижными формами фосфора один из основных показателей окультуренности почв.

Валовое содержание фосфора в пахотном слое черноземов составляет 0,1–0,25%, причем лишь 10–20% его количества представлено относительно доступными растениям соединениями. Больше всего фосфора содержится в глинистых почвах, несколько меньше – в суглинистых и наиболее бедны им супесчаные и песчаные почвы. Целинные черноземы Белгородской области характеризуются низким содержанием подвижных форм фосфора 24–28 мг/кг [7].



В первом цикле агрохимического обследования (1964-1967 гг.) средневзвешенное содержание подвижного фосфора по Чирикову в пахотных почвах Ивнянского района составляло 56 мг/кг, а к 1995 г. этот показатель увеличился в 2,86 раза и составил 160 мг/кг (табл. 1). В этот период поступление фосфора с удобрениями было практически в два раза больше его выноса с урожаем. В 2005 г. средневзвешенное содержание подвижного фосфора уменьшилось почти на 10% и составило 145 мг/кг, а в 2010 г. величина данного показателя снизилась еще на 15% и составила 123 мг/кг. Причина этого в резком снижении использования фосфорных удобрений (фосфора поступало примерно в два раза меньше, чем отчуждалось из агроландшафтов).

Таблица 1

Распределение пахотных почв Ивнянского района по содержанию подвижных форм фосфора, % площади

Цикл	Год	Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг						Средневзвешенное значение, мг/кг
		очень низкое <20	низкое 21-50	среднее 51-100	повышенное 101-150	высокое 151-200	очень высокое >200	
I	1964-67	3.6	46.9	45.9	2.8	0.4	0.4	56
II	1970	2.4	27.4	61.5	6.4	0.9	1.4	79
III	1976	1.7	4.5	77.9	12.4	1.5	2.0	83
IV	1985	0.1	3.3	40.3	35.7	12.9	7.7	116
V	1990	0.1	2.2	22.0	33.6	22.5	19.6	151
VI	1995	0.0	0.4	14.0	38.5	27.8	19.3	160
VII	2000	0.0	1.2	17.0	34.6	25.8	21.4	160
VIII	2005	0.2	0.3	22.3	38.8	23.1	15.3	145
IX	2010	0.0	3.0	37.2	37.1	15.4	7.3	123

Калий так же, как и фосфор – важнейший макроэлемент. Вынос калия с урожаем всегда больше, чем фосфора, а часто и азота. Значительное уменьшение почвенного калийного фонда может привести не только к снижению продуктивности выращиваемых культур, но и к утрате экологических и хозяйственных функций почвы. Основная часть почвенного калия представлена малорастворимыми силикатными минералами и лишь в процессе их выветривания становится доступной для растений. На основе обобщения исследований, проведенных в ЦЧО, установлены оптимальные уровни концентраций подвижного калия в пахотных почвах: для выщелоченного чернозема – 120-150, для типичного – 140-160 мг/кг.

Целинные черноземные почвы характеризуются повышенным содержанием обменного калия 101-105 мг/кг [7]. В 1964-67 гг. средневзвешенное содержание подвижного калия по Чирикову в пахотных почвах Ивнянского района составляло 76 мг/кг (табл. 2). Затем величина этого параметра стала увеличиваться и в 1995 г. составила 115 мг/кг. В последующие годы, в связи с резким сокращением использования удобрений, отмечена тенденция снижения содержания подвижного калия в почвах. По результатам последнего цикла агрохимического обследования средневзвешенное содержание подвижных форм калия в почвах составило 106 мг/кг, 54.0% пахотных почв характеризуются повышенным (81-120 мг/кг) и 15.2% почв – высоким (121-180 мг/кг) содержанием этого элемента.

Причина того, что при резко отрицательном балансе калия содержание подвижных форм этого элемента в пахотном слое на протяжении длительного времени сократилось всего на 8%, в высокой емкости катионного обмена черноземных почв. Многими исследованиями установлено, что в результате преобразования внесенного калия в необменную форму содержание его в почве после внесения удобрений увеличивается незначительно. Даже без внесения калийных удобрений, в связи с постоянным пополнением количества обменного калия за счет необменных форм в процессе динамического равновесия концентрация подвижных форм калия может длительное время сохраняться на неизменном уровне [8].

Таблица 2

Распределение пахотных почв Ивнянского района по содержанию подвижных форм калия, % площади

Цикл	Год	Содержание подвижных форм калия, мг/кг						Средне-взвешенное значение, мг/кг
		очень низкое <20	низкое 21-40	среднее 41-80	повышенное 81-120	высокое 121-180	очень высокое >180	
I	1964-67	0.1	3.1	56.0	39.5	1.2	0.1	76
II	1970	0.0	0.4	75.0	21.2	1.8	1.6	72
III	1976	0.0	0.2	56.4	38.8	3.6	1.0	80
IV	1985	0.1	0.3	37.0	41.2	16.1	5.3	97
V	1990	0.0	0.8	25.1	48.7	17.7	7.7	109
VI	1995	0.0	0.0	15.7	53.6	23.1	7.6	115
VII	2000	0.0	1.8	23.6	50.2	20.5	3.8	105
VIII	2005	0.0	0.2	13.2	61.4	21.7	3.5	108
IX	2010	0.0	0.0	24.8	54.0	15.2	6.0	106

Пахотные почвы лесостепной зоны Центрально-Черноземного района в процессе интенсивного сельскохозяйственного использования декальцируются. Подчеркивая важную роль кальция в почве, В.Р. Вильямс назвал его «сторожем» плодородия. Декальцирование почв является своеобразным «пусковым механизмом» их деградации. Следствием этого процесса является подкисление почвенного раствора, ухудшение агрофизических параметров и микробиологической активности почвы, снижение (до 40%) эффективности удобрений, ухудшение качества растениеводческой продукции. Долгое время считалось, что черноземы (выщелоченные и оподзоленные) в отличие от дерново-подзолистых почв не нуждаются в известковании. Однако материалы агрохимического обследования, многочисленных экспериментальных исследований свидетельствуют об увеличении кислотности пахотных почв ЦЧО [8].

В 1976 г. доля кислых почв в Ивнянском районе составляла 35.4%, а средневзвешенное значение величины $pH_{\text{сол}}$ составляло 5.7 (табл. 3). В 1990 г. отмечено довольно резкое увеличение доли кислых почв до 67.9% и снижение величины $pH_{\text{сол}}$ до 5.5. Одна из антропогенных причин этого в том, что за период 1985-1990 гг. был достигнут самый высокий уровень применения удобрений, в том числе и физиологически кислых. Даже относительно высокий уровень известкования кислых почв (более 2 тыс. га/год), достигнутый в эти годы, не смог существенно изменить ситуацию. В 2010 г. доля кислых почв увеличилась до 78.4%, а средневзвешенная величина $pH_{\text{сол}}$ снизилась до 5.25. Отмеченная закономерность является следствием не только отсутствия известкования, но и однонаправленного усиления выноса карбонатов за пределы почвенного профиля, которое имеет место в лесостепных подтипах черноземов.

Таблица 3

Распределение пахотных почв Ивнянского района по величине $pH_{\text{сол}}$, % площади

Цикл	Год	Группировка почв по величине $pH_{\text{сол}}$						Средне-взвешенное значение
		очень сильно-кислые <4.0	сильно-кислые 4.1-4.5	средне-кислые 4.5-5.0	слабо-кислые 5.1-5.5	близкие к нейтральным 5.6-6.0	нейтральные >6.0	
III	1976	0.0	0.0	1.9	33.5	36.4	28.2	5.7
IV	1985	0.0	0.0	2.1	21.1	61.8	15.0	5.7
V	1990	0.0	0.2	15.8	51.9	19.8	12.3	5.5
VI	1995	0.0	0.1	19.2	49.5	18.0	13.2	5.5
VII	2000	0.0	0.1	19.2	49.6	18.0	13.1	5.5
VIII	2005	0.0	0.0	25.0	50.4	19.1	5.5	5.3
IX	2010	0.0	0.4	36.9	41.1	15.8	5.8	5.25



В современных условиях дефицит подвижных соединений мезоэлементов и микроэлементов в почвах является одним из существенных факторов, сдерживающих рост продуктивности земледелия [9]. По результатам сплошного агрохимического обследования пашни, проводимого в 2010 году, установлено, что 99.6% площади относится к категории низкообеспеченных почв (менее 0.2 мг/кг) по содержанию подвижной меди. Средневзвешенное значение данного параметра для района составило всего 0.06 мг/кг. Аналогичная ситуация установлена по обеспеченности почв подвижными формами кобальта и цинка. К категории низкообеспеченных по содержанию подвижного кобальта (менее 0.15 мг/кг) и подвижного цинка (менее 2 мг/кг) относится соответственно 98.5% и 95.4 % пашни. Средневзвешенное содержание подвижного кобальта в почвах составляет 0.06 мг/кг, подвижного цинка – 0.60 мг/кг. По содержанию подвижного марганца к категории низкообеспеченных (менее 10.0 мг/кг) относится 38.7% пашни, к категории среднеобеспеченных (10.1-20.0 мг/кг) – 59.8%. Средневзвешенное содержание подвижных форм данного элемента в почвах составляет 11.1 мг/кг. В 2000 году (7 цикл) проводилось обследование почв на содержание подвижной серы, установлено, что 96.6% пашни относится к низкообеспеченной (менее 6 мг/кг), а средневзвешенное содержание составляет 2.77 мг/кг.

Причина этого в существенном сокращении использования органических удобрений, которые являются значимым источником поступления микроэлементов, практически полный отказ от использования микроудобрений и сульфата аммония который был основным источником поступления серы в агроландшафты.

Одно из основных условий устойчивого функционирования агроландшафтов это регулирование биологического круговорота веществ. В этой связи компенсация дефицита питательных веществ рассматривается как экологически обусловленная задача. Основной способ регулирования баланса элементов питания в земледелии это применение удобрений.

Во всем мире ученые и практики давно признали, что без использования минеральных удобрений невозможно экономически целесообразное ведение сельскохозяйственного производства. На протяжении 1966-1990 гг. объемы применяемых минеральных удобрений в Ивнянском районе, так же как и во всей Белгородской области, неуклонно повышались. В 1990 г. в Ивнянском районе, в среднем, вносилось 273 кг/га минеральных удобрений, для сравнения: в России вносилось 83 кг/га, в США – 116 кг/га, в Италии – 151 кг/га, в среднем, в мире – 97 кг/га [10].

В начале девяностых годов прошлого века объемы применяемых удобрений стали резко сокращаться, например, в 1995 г. минеральных удобрений было внесено всего 57, а в 2000 г. – 21 кг/га посева, что соответственно в 4.9 и 13.2 раза меньше, чем в 1990 г. В 2005-2008 гг. уровень применения удобрений увеличился до 108-118 кг/га (рис., табл. 4). За годы исследований существенно изменилась структура используемых минеральных туков. Доля азотных удобрений в последние десять лет, как правило, составляет более 65%. В современных условиях значительное превалирование азотных удобрений над фосфорными и калийными характерно для российского земледелия.

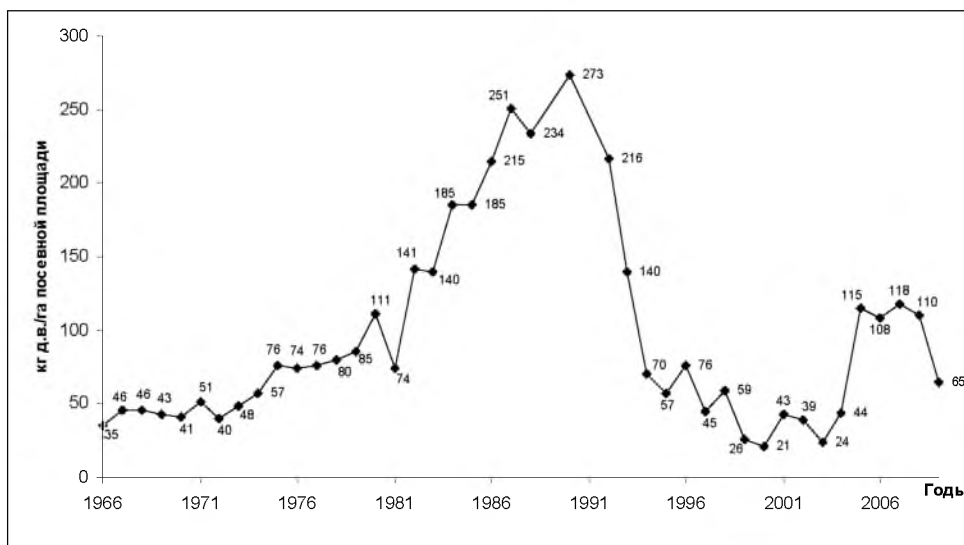


Рис. Внесение минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры в Ивнянском районе в 1966-2009 гг.

Рис. Внесение минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры в Ивнянском районе в 1966-2009 гг.

Одна из серьезных проблем отечественного земледелия середины восьмидесятых годов прошлого века – это низкая эффективность минеральных удобрений [11]. Например, в Ивнянском районе в 1981-1985 гг. при внесении под озимую пшеницу 112 кг/га минеральных и 10.2 т/га органических удобрений урожайность составляла 2.57 т/га. Максимальная урожайность озимой пшеницы (3.83 т/га) была достигнута в 1986-1990 гг. при существенном увеличении доз вносимых минеральных (232 кг/га) и органических (26.5 т/га) удобрений. В 2006-2009 гг. при внесении под эту культуру всего 125 кг/га минеральных и 1.6 т/га органических удобрений, урожайность была близка к максимальной 3.56 т/га (табл. 5).

Таблица 4

Структура использования удобрений в Ивнянском районе

Показатель	Годы								
	1967	1970	1976	1985	1990	1995	2000	2005	2009
Органические удобрения, т/га	1.7	2.6	3.8	6.6	7.9	3.8	0.7	0.0	1.5
Минеральные удобрения, кг/га	46	41	74	185	273	57	21	115	65
Доля азотных удобрений, %	42.3	50.2	45.6	40.9	37.4	55.8	71.5	65.2	71.8
Доля фосфорных удобрений, %	31.6	26.6	21.4	36.9	36.9	33.3	14.5	17.4	14.1
Доля калийных удобрений, %	26.1	23.2	33.0	22.2	25.7	10.9	14.0	17.4	14.1

Таблица 5

Использование удобрений под основные сельскохозяйственные культуры в Ивнянском районе

Годы	Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, кг/кг				Урожайность, т/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	сумма	
Озимая пшеница						
1966-1970	1.9	22	7	11	40	2.14
1971-1975	6.4	30	9	15	54	2.69
1976-1980	3.9	31	9	6	46	2.74
1981-1985	10.2	48	34	30	112	2.57
1986-1990	26.5	97	78	57	232	3.83
1991-1995	23.5	78	68	35	181	3.58
1996-2000	6.0	45	10	4	59	2.87
2001-2005	2.1	37	7	7	51	2.92
2006-2009	1.6	83	21	21	125	3.56
Сахарная свекла						
1966-1970	6.2	116	46	94	256	18.5
1971-1975	7.4	125	50	101	276	14.3
1976-1980	12.1	148	74	163	385	18.6
1981-1985	20.6	235	166	136	537	24.6
1986-1990	16.4	210	206	184	600	28.2
1991-1995	5.4	138	125	115	378	19.9
1996-2000	2.0	77	77	38	192	16.0
2001-2005	0.8	81	53	51	185	20.8
2006-2009	0.0	79	15	15	109	32.8

Максимальные дозы минеральных удобрений 600 кг/га (на фоне 16.4 т/га органических удобрений) вносились под сахарную свеклу в 1986-1990 гг. при этом достигалась урожайность 28.2 т/га, а минимальные дозы 109 кг/га вносились в 2006-2009 гг., но при этом достигалась максимальная урожайность 32.8 т/га. Среди причин более высокой эффективности удобрений в начале XXI века можно выделить использование более интенсивных (отзывчивых на внесение удобрений) сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, применение более прогрессивных технологий возделывания и, в первую очередь, эффективных средств защиты растений.



Заключение

Таким образом, для почв лесостепной зоны характерно снижение содержания подвижных форм фосфора, калия, серы, марганца и цинка, увеличение кислотности. Для повышения продуктивности земледелия, сохранения плодородия почв необходимо будет повторить уже пройденный десятилетия назад путь, связанный с увеличением применения удобрений, в первую очередь органических, не допуская при этом очевидных ошибок, которые приводят к снижению эффективности агрохимических средств и загрязнению окружающей среды. Необходимо обеспечить известкование всех кислых почв.

Список литературы

1. Крупенников И.А. Почвенный покров Молдовы: прошлое, настоящее, управление, прогноз. – Кишинев: «Штиница», 1992. – 264 с.
2. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.
3. Уваров Г.И., Соловиченко В.Д. Деградация и охрана почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2010. – 180 с.
4. Лыков А.М. Ближайшие и долговременные проблемы оптимизации «гумусового хозяйства» пахотных почв РФ/ Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии. – М.: РАСХН-ВНИПТИОУ, 2002. – С. 40-50.
5. Лукин С.В., Соловиченко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье»// Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №8 – С. 15-17.
6. Плодородие черноземов России / Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.
7. Лукин С.В., Авраменко П.М. Микроэлементы в почвах Белгородской области // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 21.
8. Тютюнников А.И., Борзенков В.А. Основные принципы и методические подходы к энергетической оценке эффективности реализации материально-технических ресурсов и технологий в сельском хозяйстве. – М.: Россельхозакадемия, 1995. – 91 с.
9. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.

MONITORING OF THE FERTILITY OF CHERNOZEMS IN FOREST-STEPPE ZONE

N.S. Chetverikova
S.V. Lukin
L.B. Martsinevskaya

*¹Belgorod State National Research University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia
E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru*

The dynamics of acidity, content of labile forms of phosphorus and potassium, sulfur, zinc, manganese, organic substance in chernozems of forest-steppe zone (from the example of Ivnyansk district of Belgorod region) have been considered. The data on use of fertilizers and fertility of agricultural crops have been analyzed.

Key words: degradation, decalcification, soil acidity, monitoring, organic substance of soil, soil fertility, liable forms of phosphorous and potassium, chernozem, fertilizers.