

УДК 631.415.2:631.416.7(477.41/42)

П. П. Надточий

д. с.-х. н.

Ю. А. Белявский

к. с.-х. н.

Житомирский национальный агроэкологический университет

Ф. А. Вышневецкий

Житомирский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В КОРМОВОМ СЕВОБОРОТЕ

Представлены результаты исследований физико-химических и буферных свойств дерново-подзолистой почвы опытного участка, где заложен мелкоделяночный полевой опыт. Описана система удобрения культур пятипольного кормового севооборота. Установлено, что внесение 10 т/га извести на фоне невысоких доз минеральных удобрений ($N_{15}P_{15}K_{15}$) наиболее благоприятно отразилось на повышении урожайности сена люцерны. Эффективным оказалось и внесение 1 кг/га молибдена на фоне 8 т/га $CaCO_3 + N_{30}P_{30}K_{30}$. Вынос CaO и MgO растениями люцерны на удобренных вариантах опыта варьировал от 129,6 до 210,9 кг/га и от 27,7 до 44,7 кг/га соответственно.

Ключевые слова: почва, физико-химические свойства, севооборот, известь, удобрения.

Постановка проблемы

Существенным недостатком песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почв Полесья Украины, сформированных в условиях промывного типа водного режима, является низкое как потенциальное так и эффективное их плодородие. В сложившихся эколого-экономических условиях, при низких нормах внесения минеральных и органических удобрений, актуальными являются комплексные исследования, способствующие разработке соответствующих рекомендаций по управлению процессами оптимизации гумусового состояния, питательного режима, pH почвенной среды, нормализации кислотного-основного равновесия с учетом выноса кальция и магния растениями.

Анализ последних исследований и публикаций

Важным фактором в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур, наряду с применением макроудобрений, выступают и микорудобрения, содержащие молибден, медь, цинк, бор и др. [3, 5, 6]. Эффективное функционирование агроэкосистем в Полесье возможно при оптимизации кругооборота биогенных макро- и микроэлементов, в том числе кальция, который регулирует кислотно-основное равновесие почвенного раствора, закрепляет свежееобразованный гумус и является источником элементов питания для растений и микроорганизмов [4, 7, 12]. Умеренное содержание $CaCO_3$ благоприятно влияет на структуру и оптимальные показатели кислотного-основного

буферности почвы. Ионы кальция и магния, находящиеся в почвенном поглощающем комплексе и почвенном растворе, в значительной степени определяют формы соединений многих макро- и микроэлементов. В свою очередь, высокий уровень накопления CaCO_3 часто ухудшает физические свойства почвы, цементирует почвенную массу, блокирует подвижность многих микроэлементов [5, 16, 18, 21].

При известковании кислых недонасыщенных основаниями дерново-подзолистых почв путем замены части кальция в известковом удобрении на другие катионы – магний, натрий, калий, аммоний, марганец можно значительно ослабить отрицательное действие извести [7]. Внесение извести в почвы, находящиеся под травопольными севооборотами, способствует формированию растений с мощной корневой системой и получению высоких урожаев. Для решения этой задачи особенно хорошо применять известковые удобрения со значительным содержанием магния, поскольку как люцерна, так и клевер хорошо отзываются на магний [7–9]. На исключительно важную роль кальция в сохранении плодородия почв многократно указывал еще академик К. К. Гедройц [4]: «... углекислый кальций, внесенный в почву в достаточном количестве, предохраняет почву в условиях достаточно влажного климата от неминуемого, в данном случае, разрушения и, в частности, ее наиболее ценной для человека части – поглощающего комплекса». Основное соединение кальция в почвах – кальцит (CaCO_3). Растворимость данного минерала составляет 14 мг/л, а при значительном содержании CO_2 в почвенном воздухе может достигать 1 г/л [16].

В почвенном покрове полесской части Житомирской области преобладают дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава. В указанных разностях почв кальцийсодержащие минералы присутствуют в незначительных количествах. В последние 20 лет в регионе существенно сократились объемы применения удобрений и химических мелиорантов, содержащих кальций и магний, что отрицательно сказалось на физико-химических свойствах пахотных почв и способствовало снижению продуктивности агроценозов [10, 12–14]. Пополнения запасов кальция осуществляются в основном за счет соломы, семян, корневой системы растений и органических удобрений. Опыты, проведенные на балансово-лизиметрической станции Института сельского хозяйства Полесья НААН Украины показали [17], что уже через пять лет после внесения минеральных удобрений в почву наблюдался отрицательный баланс в ней кальция. Исключение составлял вариант с внесением двойной дозы НРК + CaCO_3 , норма которого рассчитывалась по полной гидролитической кислотности. Концентрация ионов кальция в лизиметрических водах на протяжении вегетационного периода колебалась в пределах 533–560 мг/л, а потери кальция за счет вымывания превышали 300 кг/га.

В сложившихся эколого-экономических условиях региона актуальными являются исследования, способствующие разработке соответствующих

рекомендацій по управленню процесами оптимізації рН ґрункової середовища, нормалізації кислотно-щелочного рівноважжя пахотного шару ґрунту, що забезпечить збереження їх плодючості та підвищення продуктивності агроєкосистем.

Цель, задачи и методика исследований

В качестве объекта исследований выступали физико-химические процессы, происходящие в дерново-подзолистой почве под влиянием действия антропогенных факторов – внесения удобрений и мелиорантов. Ставилась задача выявить оптимальные нормы внесения мелиоранта для повышения продуктивности культур пятипольного кормового севооборота. Реакцию почвенного раствора в исследуемых образцах почв определяли потенциометрически, гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, обменные кальций и магний – трилонометрически, щелочногидролизированный азот – по Корнфилду, подвижный фосфор и обменный калий – по Кирсанову, подвижный молибден – по Григгу в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р. 50680), кислотнo-основную буферность – по нашей методике [11], катионный анализ грунтовых вод – по методике, описанной в работе А. В. Аринушкиной [1], содержание кальция и магния в растениях – трилонометрически после мокрого озоления пробы. Для установления влияния благоприятных свойств почвы на продуктивность культур пятипольного кормового севооборота в 2014 году на опытном поле ЖНАЭУ был заложен мелкоделяночный полевой опыт. Чередование культур в севообороте: 1) люцерна на сено (первый год), 2) люцерна на сено (второй год), 3) люцерна на сено и семена (третий год), 4) кукуруза на силос, 5) озимая пшеница. Повторность опыта трехкратная. Площадь посевной делянки 20 м², учетной – 10 м². Опыт развернут в одном поле севооборота. Система удобрения показана в табл. 1. Насыщенность севооборота минеральными удобрениями на гектар севооборотной площади за ротацию варьирует от 72 до 92 кг действующих веществ NPK, навоза – 4 т, Мо – 0,4–0,8 кг. На один гектар севооборотной площади по исследуемым вариантам было внесено от 224 до 1344 кг СаО и от 10,6 до 42,4 кг Mg O.

Результаты исследований

Комплексные исследования по заявленным вопросам начаты в 2002 г. Основные результаты выполненной работы отражены в [2, 12–14]. Установлено, что использование кальцийсодержащих соединений повышает урожай сельскохозяйственных культур даже на не удобренных фонах, а также усиливает эффективность физиологически кислых азотных и калийных удобрений. Положительное влияние кальция на эффективность физиологически кислых форм минеральных удобрений в большей степени проявляется на таких культурах, как сахарная и кормовая свекла, кукуруза, пшеница, чувствительных к повышению кислотности почвы. Особенно высокий эффект от применения известкования отмечен при культивировании люцерны в кормовом севообороте.

Так, за чотирьохлітній період вирощування этой культури на удобренном фоне ($N_{35}P_{45}K_{45}$) середній показател ь енергоємкості урожаю підвищився на 107,1 %. При этом додаткове внесення вапна в дозі 3 т/га $CaCO_3$ на удобренном фоні забезпечувало, крім того, 72,3 %-ний приріст енергоємкості. Показател ь енергоємкості на контрольному варіанті не перевищував $105,7 \text{ МДж} \cdot 10^3$. Ґрунт опытного ділянки характеризується низьким вмістом гумусу в пахотному і підпахотному шарах – 1,05 % і 0,38 % відповідно і середнекислої реакції содової витяжки.

Таблиця 1. Система удобрення культур в кормовому севообороті

№ поля	Культура севообороту	Спосіб внесення удобрення	Варіанти опыта									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Люцерна 1-го года	Основное	Контроль (без удобрення)	2 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$	4 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$	6 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$	8 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$	10 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$	6 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15} + 1 \text{ кг/га Mo}$	6 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15} + 2 \text{ кг/га Mo}$	8 т/га $CaCO_3 + N_{30}P_{305}K_{30} + 1 \text{ кг/га Mo}$	8 т/га $CaCO_3 + N_{30}P_{305}K_{30} + 2 \text{ кг/га Mo}$
2	Люцерна 2-го года	Подкормка	N_{20}									
3	Люцерна 3-го года	Подкормка	$N_{15}P_{15}K_{15}$									
4	Кукуруза на силос	Основное	-	$N_{30}P_{45}K_{45}$								
		Подкормка	-	N_{30}								
5	Озимая пшеница	Основное	-	20 т/га навоза + $N_{30}P_{45}K_{45}$								
		Подкормка	-	N_{30}^*								
Внесена на 1 га севооборотной площади	Навоза, т	-	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	N	-	34	34	34	34	34	34	34	34	38	38
	P_2O_5 , кг	-	24	24	24	24	24	24	24	24	27	27
	K_2O , кг	-	24	24	24	24	24	24	24	24	27	27
	CaO, кг	-	224	448	672	896	1344	672	672	672	896	896
	MgO, кг	-	10,6	21,2	31,8	42,4	63,6	31,8	31,8	31,8	42,4	42,4
Mo, кг	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,8	0,4	0,8	

Примечание: *на вариантах 9 и 10 под озимую пшеницу внесено 1 и 2 кг/га Mo соответственно.

Гидролитическая кислотность в профиле почвы варьирует в пределах 0,7–2,2 мэкв на 100 г почвы, сумма обменных оснований в иллювиальном горизонте не превышает 4,3 мэкв 100 г. Пахотный слой лишь на 64,2 % насыщен основаниями (табл. 2). Кроме того, пахотный и подпахотный слои почвы содержат незначительное количество подвижных форм молибдена – 0,14 и 0,12 мг/кг почвы, а основная его часть находится в малоподвижном состоянии [19].

Таблица 2. Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы

Генетический горизонт и глубина взятия проб, см	Гумус, %	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	Степень насыщенности почв основаниями, %
				мэкв/100 г		
He 0 – 22	1,05	5,1	4,6	2,4	4,3	64,2
Ei 22 – 42	0,38	5,4	5,2	3,0	4,0	51,3
I 42 – 87	0,26	6,0	5,5	1,3	Не определяли	Не определяли
Ip 87 – 117	0,21	6,1	5,6	1,0		
P 117 – 140	0,05	5,7	5,3	0,7		
P 140 – 190	–	5,9	5,5	0,8		

В пахотном слое почвы сумма обменных кальция и магния не превышает 4,0 мэкв/100 г почвы. Причем в иллювиальном горизонте отмечено существенное повышение содержания обменного кальция, что привело к расширению соотношения Ca²⁺ к Mg²⁺ до 4,6, в то время как этот показатель для пахотного слоя не превышал 3,6 (табл. 3).

Таблица 3. Содержание обменного кальция и магния в профиле дерново-подзолистой почвы (с. Великая Горбаша, Черняховский район, опытное поле ЖНАЭУ, 2010 г)

Генетический горизонт и глубина отбора образцов, см	Содержание обменных оснований, мэкв на 100 г почвы		Соотношение Ca ²⁺ к Mg ²⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
He 0 – 21	3,2	0,9	3,6
Ei 22 – 42	2,8	1,1	2,5
I 42 – 87	4,6	1,0	4,6
Ip 87 – 117	4,3	1,0	4,3
P 117 – 140	2,1	0,5	4,2:
P 140 – 190	3,0	1,3	2,3:

Характерной особенностью почвы опытного участка является низкая степень ее буферной емкости в кислотном интервале и средняя в щелочном (табл. 4).

Таблица 4. Кислотно-основная буферность дерново-подзолистой почвы

Генетический горизонт и глубина отбора образцов, см	Площадь буферности, см ²		Показатель нейтрализации, мэкв. на 100 г	Степень буферной емкости (СБЕ), %		Индекс кислотно-основного равновесия $\frac{СБЕк}{СБЕщ}$
	1*	2**		1	2	
He 0 – 22	2,19	14,83	2,18	11,9	49,1	0,24
Ei 22 – 42	3,63	11,09	1,33	13,0	41,9	0,31
I 42 – 87	4,72	12,17	0,15	17,9	46,2	0,39
Ip 87 – 117	4,15	11,74	0,12	15,8	44,5	0,36
P 117 – 140	2,48	10,13	0,14	9,4	38,4	0,24
P 140 – 190	3,13	11,44	0,30	11,8	43,4	0,27

Примечание: * – кислотный интервал, ** – щелочной интервал.

Достоверным критерием агроэкологического состояния почвы служит индекс кислотно-основного равновесия как отношение степени буферной емкости кислотного интервала к степени буферной емкости щелочного интервала. Достижение гомеостатического состояния почвенной экосистемы возможно при условии, когда этот показатель приближается к единице. В нашем опыте значение СБЕк : СБЕщ для пахотного и подпахотного слоев почвы не превышало 0,24 и 0,31 соответственно.

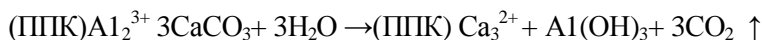
Ранее установлено, что почвообразующие породы, на которых сформировалась исследуемая почва, содержат незначительное количество кальцита - основного источника доступной формы кальция для растений [12–13]. В опыте использовали известковые удобрения, изготовленные ГП «Лугинский агрохим» из известняковых материалов Белокоровичского месторождения карбонатных пород. Результаты их химического и гранулометрического состава представлены в таблице 5. Характерной особенностью этого удобрения следует считать наличие в нем магния. Соотношение $CaCO_3$ к $MgCO_3$ составляет 65,5. Кроме того, в его составе присутствуют такие микроэлементы как Cu, Zn и Mn, а также значительное количество тяжелых металлов - свинца и кадмия. Положительное действие известковых удобрений на дерново-подзолистых

почвах проявляется в создании карбонатной буферной зоны. Безусловно, внесенный в почву CaCO_3 со временем превращается в Ca(OH)_2 . Имеет место выщелачивание кальция и магния. В зависимости от физико-химических свойств и, прежде всего от реакции почвенного раствора, время превращения CaCO_3 в Ca(OH)_2 составляет от нескольких месяцев до 2 и более лет [15–16].

Таблица 5. Состав известняковых удобрений, изготовленных из карбонатных пород Белокорвичского месторождения [13]

Показатели	Карбонаты и макроэлементы	Тяжелые металлы	Гранулометрический состав, %
CaCO_3 , %	65,5		
MgCO_3 , %	3,1		
P_2O_5 , %	1,24		
K_2O , %	0,1		
Cu, мг/кг		1,0	
Zn, мг/кг		8,6	
Mn, мг/кг		2,3	
Pb, мг/кг		16,0	
Cd, мг/кг		1,8	
R_2O_3		4,5	
Fe_2O_3			
Частицы > 3 мм, %			4,8
Частицы 1–3 мм, %			16,1
Частицы <1 мм, %			79,1

$\text{Ca(HCO}_3)_2$ и Ca(OH)_2 , диссоциируя в почвенном растворе, образуют катионы кальция, которые и вытесняют из почвенно-поглощающего комплекса катионы водорода и превращают в неактивную форму ионы алюминия, железа и марганца. Избыток же Ca^{2+} затрудняет поступление в растения ионов NH_4^+ , Mg^{2+} , K^+ , а избыток OH^- и HCO_3^- – поступление ионов PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , HPO_4^{2-} . Под влиянием Ca(OH)_2 снижается также и растворимость минералов, которые содержат бор и фосфор. При внесении в почву CaCO_3 , кроме вытеснения из почвенно-поглощающего комплекса H^+ , имеет место протекание следующей химической реакции:



В процессе реакции в твердую фазу переходит Al(OH)_3 . Его появление может отрицательно сказаться на продуктивности культурных растений вследствие того, что из аморфного осадка алюминий может поступать в растения при прямом контакте гидроокисла с корневой системой. Чтобы исключить отрицательное влияние Al и не дать возможности разрушения ППК посредством самопроизвольных переходов $(\text{ППК})\text{H}^+ \rightarrow (\text{ППК})\text{Al}^{3+} \rightarrow (\text{ППК})\text{H}^+$ необходимо в почвенном растворе создавать постоянное значение pH [16, 20], что достигается внесением известковых материалов.

Как известно [3, 6], магний входит в состав хлорофилла. В форме фосфатов магний содержится в нуклеинах фитине и в пектиновых веществах. В отличие от кальция, он наравне с фосфором находится преимущественно в жизненных тканях растительного организма. Существенна роль магния и в накоплении аскорбиновой кислоты в растениях. Достаточное обеспечение растений магнием способствует удлинению активной фотосинтетической деятельности хлорофилла. Вынос магния люцерной в расчете на MgO может превышать 50 кг/га.

Еще в середине прошлого столетия установлено [5], что оптимальное соотношение между обменными катионами кальция и магния является одним из существенных факторов повышения урожайности полевых культур в зоне Полесья. В дерново-подзолистых почвах песчаного и супесчаного гранулометрического состава магний частично вымывается в ниже лежащие горизонты. В почве катионы кальция и магния в поглощенном состоянии находятся в широком интервале соотношений: от 1 : 1 в песчаных разностях дерново-подзолистых почв до десяти частей кальция на одну часть магния в тяжелых суглинках и глинистых почвах [9]. Безусловно, кальций и магний, будучи биогенными элементами, положительно влияют на процессы жизнедеятельности микроорганизмов и их активность, тормозят процессы минерализации и вымывания органических и органоминеральных соединений из почвы [18, 19].

Известно, что на интенсивность разложения внесенной в почву извести влияют физико-химические свойства почвы, нормы внесения удобрений под культуры севооборота, а также биологические особенности самой культуры [4–5]. Поэтому на очередном этапе исследования представляло интерес установить оптимальные нормы внесения извести в кормовом короткоротационном севообороте по показателям кислотно-основной буферности с учетом потерь Ca в результате выщелачивания, его выноса культурами севооборота и скорости разложения известнякового материала. Следует отметить, что в 2014 году уровень грунтовых вод в почве на протяжении периода вегетации растений варьировал от 2,05 м в середине мая до 2,94 м в конце сентября. В составе грунтовых вод содержится 3,27 мэкв/100 мл катиона Ca и 0,43 мэкв на 100 мл катиона Mg (табл. 6).

Таблиця 6. Химический состав грунтовых вод, 2014 г.

Катионы					
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма K ⁺ + Na ⁺ (по разности)		Сумма катионов	
<u>3,27</u> 0,067	<u>0,43</u> 0,006	<u>0,32+0,20</u> 0,013+0,005		<u>54,31</u> 0,091	
Анионы				Сумма солей	Плотный остаток, %
Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Сумма анионов		
<u>1,92</u> 0,068	<u>2,09</u> 0,102	<u>0,30</u> 0,018	<u>4,31</u> 0,188	0,279	0,283

Вполне резонно допустить, что люцерна для своего роста и развития на протяжении периода вегетации использует не только катионы щелочноземельных металлов из почвенного поглощающего комплекса и внесенных известняковых удобрений, а и катионы из грунтовых вод, поскольку корневая система растений проникает на глубину свыше 5 метров. Для более точного расчета сальдо баланса кальция в почве необходима дополнительная постановка опытов с применением радиоактивного изотопа ^{45}Ca . Важно отметить, что соотношение катионов $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ в подпочвенных водах составляет 7,5.

В таблице 7 представлены данные по урожайности сена люцерны за 2015 год и вынос надземной массой растений кальция и магния. Следует указать на значительную вариабельность урожайности по вариантам опыта – от 34,6 ц/га сухой массы сена на контроле до 145,3 ц/га на варианте с внесением 10 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$. Содержание CaO к MgO в растениях по изучаемым вариантам опыта было практически одинаковым и не превышало 5,5, а их вынос растениями достигал 210 кг/га и 45,0 кг/га соответственно.

Таблица 7. Урожай сена люцерны и вынос кальция и магния надземной массой растений

Вариант опыта	Урожай сена, ц/га	Содержание, %		Вынос урожаем, кг/га	
		CaO	MgO	CaO	MgO
Контроль (без удобрений)	34,6	1,42	0,26	49,1	9,0
2 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	89,4	1,44	0,30	129,6	27,7
4 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	92,7	Не определяли		144,6	30,9
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	121,1			175,5	37,5
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	123,8			179,5	38,4
10 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$	145,3	1,46	0,32	210,9	45,0
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15} + 1$ кг/га Мо	128,2	Не определяли		185,9	39,7
6 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15} + 2$ кг/га Мо	131,8			191,1	40,9
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30} + 1$ кг/га Мо	144,2			209,1	44,7
8 т/га $\text{CaCO}_3 + \text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30} + 2$ кг/га Мо	144,0	1,46	0,32	208,8	44,6
НСР ₀₅		17,52			

Представляло интерес изучить влияние молибдена на фоне известкования и действия небольших доз минеральных удобрений на продуктивность люцерны, поскольку молибден входит в состав активного центра нитрогеназы – фермента, необходимого для связывания атмосферного азота [3, 5], а его недостаточность значительно снижает содержание хлорофилла в растениях [19]. Исследования

показали, что в сравнительно сухой вегетационный период 2015 года применение молибденовых микроудобрений в дозе 1 кг/га Мо на фоне внесения 8 т/га извести и действия невысоких доз минеральных удобрений ($N_{15}P_{15}K_{15}$) оказало существенное влияние на повышение продуктивности люцерны: прибавка урожая сена составляла 20,4 ц/га. Увеличение дозы молибдена до 2 кг/га оказалось неэффективным.

Итоги и перспективы дальнейших исследований

1. Дерново-подзолистая супесчаная почва опытного участка характеризуется низким содержанием гумуса. Сумма обменных оснований в пахотном слое не превышает 4,3 мэкв/100 г, а насыщенность почвы основаниями составляет 64,2 %. 2. Почва характеризуется низкой степенью буферной емкости в кислотном интервале и средней – в щелочном. 3. Индекс кислотно-основного равновесия по профилю почвы варьирует в пределах от 0,24 в гумусно-элювиальном горизонте до 0,36 в иллювиальном. 4. Внесение 10 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$ обеспечило наибольшую прибавку сена люцерны – 110,7 ц/га при урожае на контроле 36,4 ц/га. 5. Существенная прибавка сена – 20,4 ц/га отмечена на варианте с применением 1 кг/га Мо на фоне внесения 8 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15}$.

Дальнейших исследования следует сосредоточить на проведении полевых опытов с целью выявления оптимальных доз внесения удобрений и мелиорантов в кормовом севообороте.

Литература

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1970. – 487 с.
2. Бобрусь С. В. Агроекологічний стан напівгідроморфних ґрунтів Полісся та вдосконалення управління їх родючістю і продуктивністю агроценозів : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. с.-г. наук : 03.00.16 / С. В. Бобрусь ; Житомирський нац. агрокол. ун-т. – Житомир, 2008. – 20 с.
3. Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П. А. Власюк. – К. : Наук. думка, 1969. – 516 с.
4. Гедройц К. К. Известкование почвы и отношение между количеством обменного кальция и обменного магния в почве / К. К. Гедройц. – М. : Госсельхозиздат, 1955. – С. 457–469.
5. Кедров-Зихман О. К. Учение академика К. К. Гедройца о почвенно-поглощающем комплексе и известковании почвы / О. К. Кедров-Зихман // Почвоведение. – 1952. – № 10. – С. 879–889.
6. Магницкий К. П. Магниевые удобрения / К. П. Магницкий. – М. : Сельхозгиз, 1952. – 252 с.
7. Мазур Г. А. Підвищення родючості кислих ґрунтів/ Г. А. Мазур, Г. К. Медвідь, В. Н. Симачинський. – К. : Урожай, 1984. – 176 с.

8. Миграция и характер превращения кальцита извести в дерново-подзолистых почвах / Г. А. Мазур, В. Н. Симачинский, П. А. Дмитренко, Е. Г. Томашевская // Почвоведение. – 1980. – № 3. – С. 34–41.

9. Мазур Г. А. Кальцій і магній в ґрунті та їх трансформація під впливом удобрення та вапнування / Г. А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство. – Житомир : Рута, 2010. – Кн. 1. – С. 76–87.

10. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи / В. В. Медведев. – Харьков : Городская типография, 2012. – 536 с.

11. Надточий П. П. Определение кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.

12. Надточий П. П. Кислотно-основна буферність і проблема вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання агроекології / П. П. Надточий, В. А. Трембіцький // Вісник ДАУ. – 2003. – № 2. – С. 3–17.

13. Надточий П. П. Кальцій в почвенном покрове агроценозов Житомирського Полісся / П. П. Надточий, В. А. Трембіцький, С. В. Бобрусь // Екологія: проблеми адаптивно-ландшафтного землеробства : матеріали міжнар. наук. конф. (16–18 червня 2005 р., м. Житомир). – Житомир : Вид-во ДАЕУ, 2005. – С. 121–130.

14. Надточий П. П. Оптимизация физико-химических параметров дерново-подзолистых почв Украины / П. П. Надточий, Ю. А. Белявский / Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XII междунар. науч. конф. (16–17 мая 2015 г., г. Брянск). – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2015. – С. 254–256.

15. Небольсин А. Н. Известкование – средство коренного улучшения кислых почв / А. Н. Небольсин. – Л. : Лениздат, 1979. – 133 с.

16. Орлов Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1985. – 376 с.

17. Стройванс Л. Т. Вапнування як чинник ефективності використання осушених радіактивно забруднених земель / Л. Т. Стройванс, Г. А. Кучер // Проблеми сільськогосподарської радіології: 17 років після аварії на Чорнобильській АЕС : доп. учасників IV міжнар. наук.-практ. конф. (19–21 червня 2003 р., м. Житомир). – Житомир : ДАЕУ, 2003. – С. 45–48.

18. Шильников И. А. Известкование почв / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 176 с.

19. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л. : Наука, 1974. – 324 с.

20. Штиканс Ю. А. Повышение эффективности известкования кислых почв / Ю. А. Штиканс. – Л. : Колос, 1977. – 128 с.

21. Gajek F. Okreslenie potrzeby wapnowania I wysokosci dawek nawosow wapnowych / F. Gajek, T. Terelak // Nowe Rolnictwo. – 1976. – № 15. – С. 10–12.
