

УДК 631.415.2:631.416.7(477.41/42)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ОПТИМИЗАЦИЮ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА В ПОЛЕСЬЕ

П. П. НАДТОЧИЙ

*Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины,
г. Житомир, Украина, 10007, e-mail: pnadtochy@yahoo.com*

Т. Н. МЫСЛЫВА

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: byrty41@yahoo.com*

Ю. А. БЕЛЯВСКИЙ

*Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины,
г. Житомир, Украина, 10007, e-mail: yura.bel.70@mail.ru*

(Поступила в редакцию 09.09.2019)

Представлены результаты исследований по оптимизации почвенных условий для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных культур (люцерна, выращиваемая в течение 3 лет, кукуруза на зеленую массу, озимая пшеница) в пятипольном кормовом севообороте на дерново-подзолистой супесчаной полугидроморфной почве в условиях Полесья Украины. Описана система удобрения культур пятипольного кормового севооборота. На один гектар севооборотной площади за ротацию по изучаемым вариантам опыта вносили 4 т навоза, 34–38 кг азота, 24–27 кг фосфора, 24–27 кг калия, 224–1344 кг СаО, 10,6–42,4 кг MgO, 0,4–0,8 кг Мо. Приведены сведения о химическом и гранулометрическом составе мелиорантов, полученных из известняковых материалов Белокоровичского месторождения карбонатных пород (Житомирская область, Украина). Доказана нецелесообразность расчета норм извести для создания оптимальных почвенных условий для роста и развития люцерны и кукурузы на зеленую массу по значению полной гидролитической кислотности, а также значениям pH_{KCl} и гранулометрическому составу. Обоснована возможность выращивания люцерны как кормовой культуры в кормовом севообороте на дерново-подзолистых почвах в условиях изменения климатических параметров в сторону потепления. За пятилетний период наблюдений (2014–2018 гг.) общий вынос СаО и MgO основной и побочной продукцией культур севооборота по удобренным вариантам опыта варьировал от 745 до 1217 кг/га и от 98 до 151 кг/га соответственно. Установлена положительная роль молибдена в дозах 1–2 кг/га, внесенных под люцерну и озимую пшеницу, в существенном повышении их урожайности. Среднегодовая окупаемость применением удобрений и средств мелиорации урожаем культур севооборота (люцерна, кукуруза на зеленую массу и озимая пшеница) оказалась максимальной на варианте, где на 1 га севооборотной площади вносилось 4,0 т навоза + $N_{38}P_{27}K_{27}$ + 896 кг СаО + 42,4 кг MgO + 0,4 кг Мо. Увеличение прироста кормовых единиц за счет удобрений и известкования по вариантам опыта составило от 17,1 до 23,2 ц кормовых единиц на 1 га севооборотной площади.

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

We have presented results of studies on optimizing soil conditions to ensure high crop productivity (alfalfa cultivated for 3 years, corn for green mass, winter wheat) in a five-field fodder crop rotation on sward-podzolic sandy loam semihydromorphic soil in the conditions of Ukraine Polesye. We have described the system of fertilizing crops of a five-field fodder crop rotation. During a rotation, per one hectare of crop rotation area we applied 4 tons of manure, 34–38 kg of nitrogen, 24–27 kg of phosphorus, 24–27 kg of potassium, 224–1344 kg of CaO, 10.6–42.4 kg of MgO, 0.4–0.8 kg of Mo. We have presented data on the chemical and particle size distribution of ameliorants obtained from limestone materials of the Belokorovichsky deposit of carbonate rocks (Zhytomyr region, Ukraine). The inexpediency of calculating the norms of lime to create optimal soil conditions for the growth and development of alfalfa and corn for green mass has been proved in terms of the total hydrolytic acidity, as well as the values of pH_{KCl} and particle size distribution. The possibility of growing alfalfa as a forage crop in fodder crop rotation on sward-podzolic soils under conditions of changing climatic parameters towards warming has been substantiated. Over the five-year observation period (2014–2018), the total removal of CaO and MgO by the main and by-products of crop rotation according to the fertilized experimental variants varied from 745 to 1217 kg / ha and from 98 to 151 kg / ha, respectively. The positive role of molybdenum in doses of 1–2 kg / ha applied for alfalfa and winter wheat in a significant increase in their productivity has been established. The average annual return on the use of fertilizers and land reclamation by

crop rotation crops (alfalfa, corn for green mass and winter wheat) turned out to be maximum in the case where 4.0 tons of manure + N₃₈P₂₇K₂₇ + 896 kg CaO + 42.4 kg MgO + 0.4 kg Mo were applied per 1 ha of crop rotation area. The increase in the growth of feed units due to fertilizers and liming according to the experimental options ranged from 1.71 to 2.32 tons of feed units per 1 ha of crop rotation area.

Key words: soil, physicochemical properties, crop rotation, liming, fertilizers.

Введение

Изменение климатических ресурсов в сторону аридизации теплового режима в Украине дает возможность повысить продуктивность агроценозов для нужд кормопроизводства путем более эффективного использования солнечной радиации. При этом в полевом кормопроизводстве актуальными становятся совершенствование структуры посевных площадей, создание благоприятных почвенных условий для возделывания кормовых культур, поиск путей снижения энергетических затрат на производство единицы сельскохозяйственной продукции. Одной из приоритетных задач современного земледелия в Полесском регионе страны является также расширение посевов многолетних бобовых трав для нужд животноводства [1, 2]. Люцерна считается наиболее ценной бобовой культурой благодаря своим исключительно полезным биологическим свойствам и кормовым достоинствами. Кроме того, получение урожая 450–500 ц/га зеленой массы позволяет оставить в почве корневые остатки, эквивалентные 20–25 т/га качественного навоза. Данная культура является также и хорошим предшественником для зерновых, что обеспечивает дополнительно 2,0–3,5 ц/га прибавки урожая. Однако, как многолетняя высокопродуктивная культура люцерна требует особых почвенных условий для возделывания [3, 4, 5]. Успешная реализация поставленной задачи по выращиванию культур кормового севооборота в условиях Полесья Украины, где в структуре пахотных угодий преобладают дерново-подзолистые почвы песчаного и супесчаного гранулометрического состава, сформировавшиеся в условиях промывного типа водного режима, может быть достигнута в процессе проведения комплексных исследований по созданию оптимальных (с учетом биологических особенностей культур кормового севооборота) питательного и физико-химических режимов почв, эффективного и рационального использования удобрений и средств мелиорации с учетом экологических ограничений. Лимитирующим фактором продуктивности люцерны и иных кормовых культур в условиях Полесья, наряду с недостаточной обеспеченностью почв макро- и микроэлементами, считаются неудовлетворительные физико-химические свойства – кислая реакция почвенной среды, низкая кислотно-основная буферность и катионнообменная способность щелочноземельных металлов [6, 7]. Цель исследований – установление оптимальных норм удобрений, включая и молибденовые микроудобрения, а также норм внесения известкового материала местного производства, обеспечивающих благоприятные почвенные условия и высокую продуктивность культур в пятипольном кормовом севообороте, где люцерна занимает 60 % севооборотной площади.

Основная часть

В 2014 г. на территории учебно-опытного хозяйства Житомирского национального агроэкологического университета (д. В. Горбаша Черняховского района) был заложен пятипольный кормовой севооборот со следующим чередованием культур: 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.

Почва – дерново-подзолистая супесчаная полугидроморфная на водноледниковых отложениях. Агрохимические и физико-химические параметры почвенного профиля опытного участка перед закладкой опыта опубликованы ранее [6]. Пахотный слой отличается низким содержанием гумуса (1,15 %), слабокислой реакцией солевой вытяжки (рН_{KCl} = 5,1) Гидролитическая кислотность в профиле почвы варьирует в пределах 0,7–2,4 мг-экв на 100 г почвы. Пахотный слой лишь на 64,2 % насыщен основаниями. Содержание щелочногидролизуемого азота составляет 138 мг/кг, подвижного фосфора – 73 мг/кг, обменного калия – 95 мг/кг. Пахотный и подпахотный горизонты содержат

незначительное количество подвижных форм молибдена – 0,14 и 0,12 мг/кг почвы соответственно.

В опыте выращивали люцерну сорта Регина, кукурузу на зеленую массу сорта Днепропетровский, озимую пшеницу сорта Горлица Мироновская. Схема опыта представлена в табл. 1. Учет урожая культур севооборота проводили поделяночно, методом сплошного сбора и обмолота вручную с последующим пересчетом сена люцерны на воздушно-сухую влажность; семян – на 12 %-ю влажность и 100 %-ную чистоту; зерна озимой пшеницы – на 100 %-ю чистоту и 14 %-ю влажность. Урожай соломы озимой пшеницы определяли взвешиванием воздушно-сухой массы, полученной с каждой деланки. Уборку урожая кукурузы проводили в фазу молочной спелости поделяночно с последующим взвешиванием ее сырой массы.

На один гектар севооборотной площади за ротацию по изучаемым вариантам опыта вносили 4 т навоза, 34–38 кг азота, 24–27 кг фосфора, 24–27 кг калия, 224–1344 кг СаО, 10,6–42,4 кг MgO, 0,4–0,8 кг Mo (табл. 1). В опыте использовали известковые удобрения, изготовленные ГП «Лугинский агрохим» из известняковых материалов Белокоровичского месторождения карбонатных пород (табл. 2). Характерной особенностью этого мелиоранта следует считать наличие в нем магния. Соотношение СаСО₃ к MgСО₃ составляет 65,5. Кроме того, в его составе присутствуют такие микроэлементы как Cu, Zn и Mn, а также тяжелые металлы – свинец и кадмий. Положительное действие известковых удобрений на дерново-подзолистых почвах проявляется в создании карбонатной буферной зоны. Безусловно, внесенный в почву СаСО₃ со временем превращается в Са(ОН)₂. Имеет место так-же и выщелачивание кальция и магния.

Образцы почвы отбирали и готовили к анализам, согласно требованиям ДСТУ ISO 11464–2001. В образцах почвы гумус определяли по ДСТУ 4289 : 2004; pH солевой вытяжки – по ГОСТу 26483; гидролитическую кислотность – по ГОСТу 26212; сумму обменных оснований – по ДСТУ ISO 11260; обменные кальций и магний – по ГОСТу 26487; щелочногидролизированный азот – по Корнфильду согласно ГОСТа 2611–84; подвижный фосфор и обменный калий – по ГОСТу 26207; подвижный молибден – по Григгу в модификации ЦИНАО (ОСТ 10151–8); кислотно-основную буферность – по методике, описанной в [9]; содержание кальция и магния в сене и семенах люцерны – трилонометрически после мокрого озоления пробы по Гинзбургу. Сведения о содержании СаО и MgO в основной и побочной продукции озимой пшеницы и кукурузы взяты из [10]. Перерасчет продуктивности культур севооборота (1 кг массы урожая) в кормовые (овсяные) единицы проводился в соответствии с данными, опубликованными в справочнике по кормопроизводству [8]; коэффициенты перерасчета составили: сено люцерны – 0,44; кукуруза (молочная спелость) – 0,18; озимая пшеница (зерно) – 1,28.

Характерной особенностью почвенного профиля опытного участка является низкое значение показателя суммы обменных катионов Са и Mg в почвенно-поглощающем комплексе. Сумма обменных Са и Mg не превышает 4,0 мг-экв/100 г почвы. В иллювиальном горизонте отмечено существенное повышение содержания обменного кальция, что привело к расширению соотношения Са²⁺ к Mg²⁺ до 4,6, в то время как этот показатель для пахотного горизонта не превышал 3,6.

Таблица 1. Система удобрения культур в кормовом севообороте

| № поля | Культура севооборота | Способ внесения удобрения | Внесено удобрений по вариантам опыта | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | Люцерна 1-го года | Основное | Контроль (без удобрений) | 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 кг/га Мо | 6 т/га CaCO ₃ + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + 2 кг/га Мо | 8 т/га CaCO ₃ + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 1 кг/га Мо | 8 т/га CaCO ₃ + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + 2 кг/га Мо | |
| 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 | | | | | | | | | |
| Внесено на 1 га севооборотной площади | | Навоз, т | – | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | |
| | | N, кг | – | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 38 | 38 |
| | | P ₂ O ₅ , кг | – | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 27 | 27 |
| | | K ₂ O, 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 |
| | | Мо, кг | – | – | – | – | – | – | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | |

* – на вариантах 9 и 10 под озимую пшеницу вносилось 1 и 2 кг/га Мо соответственно.

Таблица 2. Состав известняковых удобрений, изготовленных из карбонатных пород Белокаровицкого месторождения [6]

| Показатели | Карбонаты и макроэлементы | Тяжелые металлы | Гранулометрический состав, % |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------------------|
| CaCO ₃ , % | 65,5 | | |
| MgCO ₃ , % | 3,1 | | |
| P ₂ O ₅ , % | 1,24 | | |
| K ₂ O, % | 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 ₂ O ₃ | | 4,5 | |
| Fe ₂ O ₃ | | | |
| Частицы > 3 мм, % | | | 4,8 |
| Частицы 1–3 мм, % | | | 16,1 |
| Частицы < 1 мм, % | | | 79,1 |

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

Таблица 3. Содержание обменных оснований и кислотно-основная буферность дерново-подзолистой супесчаной почвы

| Генетический горизонт и глубина отбора образцов, см | Обменные основания, мг-экв/100 г | | Ca ²⁺ Mg ²⁺ | Показатель нейтрализации, мг-экв на 100 г | Степень буферной емкости (СБЕ), % | | Индекс кислотно-основного равновесия, (СБЕк : СБЕщ) |
|---|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|------|---|
| | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | | | СБЕк | СБЕщ | |
| He, 0–22 | 3,2 | 0,9 | 3,6 | 2,18 | 11,9 | 49,1 | 0,24 |
| Ei, 22–42 | 2,8 | 1,1 | 2,5 | 1,33 | 13,0 | 41,9 | 0,31 |
| I, 42–87 | 4,6 | 1,0 | 4,6 | 0,15 | 17,9 | 46,2 | 0,39 |
| Ip, 87–117 | 4,3 | 1,0 | 4,3 | 0,12 | 15,8 | 44,5 | 0,36 |
| P, 117–140 | 2,1 | 0,5 | 4,2 | 0,14 | 9,4 | 38,4 | 0,24 |

На основании физико-химических показателей и данных о гранулометрическом составе пахотного слоя почвы был выполнен теоретический расчет норм извести для устранения избыточной кислотности по трем методикам: 1) по полной гидролитической кислотности; 2) по величине рН_{КС1} и гранулометрическому составу; 3) по значению кислотно-основной буферности. Для пахотного 0–20 см слоя с объемной массой 1,25 расчетная норма извести по гидролитической кислотности и по значению рН_{КС1} с учетом гранулометрического состава составила 3,0 и 3,5 т/га соответственно.

В расчетах нормы внесения извести по кислотно-основной буферности использовали формулу:

$$ACaCO_3, \text{ т/га} = ПН * 5 * h * d * K,$$

где: ПН – показатель нейтрализации, мг-экв/ 100 г почвы; h – мощность пахотного слоя, м; d – плотность сложения почвы, г/см³; 5 – коэффициент, учитывающий значение мг-экв CaCO₃ и перерасчет всех показателей в т/га; K – поправочный коэффициент на степень буферной емкости в кислотном интервале, рассчитываемый по формуле: $K = (100 + СБЕк) / 100$.

Расчетная величина CaCO₃ по этому методу составила 3,1 т/га.

Следует отметить, что наиболее полные и достоверные сведения об эффективности влияния удобрений и средств мелиорации на продуктивность и качество урожая культур кормового севооборота могут быть получены только в полевом опыте. Культурные растения при этом изучаются в близких к производственным условиям, со всей совокупностью климатических, почвенных и агротехнических факторов. В табл. 4 представлены данные о влиянии различных вариантов системы удобрения и известкования на урожайность культур кормового севооборота. Обращает на себя внимание довольно низкая урожайность растений на вариантах без применения удобрений, особенно заметно проявившаяся в первый год выращивания люцерны. Так, в 2014 г. урожайность сена люцерны на этом варианте была в 3,6 раза ниже по сравнению с вариантом 8, где было внесено 6 т/га CaCO₃ + N₁₅P₁₅K₁₅. Подобная закономерность наблюдалась и по другим удобренным вариантам опыта.

Таблица 4. Влияние удобрений известкования на урожай культур в кормовом севообороте, (2014–2018 гг., ц/га)

| Вариант опыта | Культуры севооборота | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|---------|---------|--------|-------------------|----------|----------------|------|
| | Урожай люцерны по годам | | | | | Кукуруза | Озимая пшеница | |
| | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | | среднее за 3 года | | 2018 г. | |
| | | | сено | семена | | зерно | солома | |
| 1 | 34,6 | 54,1 | 50,3 | 2,82 | 46,3 | 143 | 19,4 | 34,9 |
| 2 | 89,4 | 102,9 | 99,5 | 3,78 | 97,3 | 166 | 38,4 | 69,1 |
| 3 | 92,7 | 116,7 | 109,4 | 4,10 | 106,3 | 169 | 38,6 | 69,5 |
| 4 | 121,1 | 132,3 | 120,8 | 4,67 | 124,7 | 185 | 39,0 | 70,2 |
| 5 | 123,8 | 140,2 | 133,2 | 5,11 | 132,4 | 188 | 39,2 | 70,6 |
| 6 | 145,3 | 162,6 | 149,7 | 5,66 | 152,5 | 199 | 39,6 | 71,3 |
| 7 | 128,2 | 156,8 | 136,8 | 5,71 | 140,6 | 201 | 40,4 | 72,7 |
| 8 | 131,8 | 166,7 | 142,4 | 6,46 | 147,0 | 208 | 40,8 | 73,4 |
| 9 | 144,2 | 174,3 | 150,3 | 6,52 | 156,3 | 236 | 43,8 | 78,8 |
| 10 | 144,0 | 177,8 | 156,0 | 6,79 | 159,3 | 239 | 44,6 | 80,3 |
| НСР ₀₅ | 17,52 | 14,65 | 13,82 | 0,41 | – | 12,6 | 2,1 | 3,9 |

* – варианты системы удобрения в опыте представлены в табл. 1.

Важно отметить, что расчетные значения норм извести по вышеуказанным методикам оказались неприемлемыми для обеспечения оптимальных условий роста и развития

люцерны. Наибольший урожай сена в среднем за три года был получен на варианте 6, где в первый год внесено 10 т/га CaCO_3 совместно с минеральными удобрениями, где его прирост по сравнению с контролем составил 106,2 ц/га.

Известкование дерново-подзолистой почвы, находящейся в травопольном севообороте, способствует формированию растений с мощной корневой системой и получению высоких и стабильных урожаев. Дополнительная прибавка урожая люцерны и клевера получается от известковых удобрений, содержащих как CaCO_3 так и MgCO_3 , на что указывается и в работах [11, 12].

Представляло интерес изучение 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, а его недостаток в почве значительно снижает содержание хлорофилла в растениях [13]. Во всех четырех вариантах опыта, где дополнительно вносилось 1 и 2 кг/га Mo, была получена достоверная прибавка урожая сена по сравнению с вариантами без внесения данного микроэлемента.

Вполне резонно допустить, что люцерна для своего роста и развития на протяжении всего периода вегетации использует катионы щелочноземельных металлов не только из почвенного поглощающего комплекса и внесенных известняковых удобрений, а и из подгрунтовых 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 . По всем удобренным вариантам опыта под кукурузу была внесена одинаковая норма минеральных удобрений – $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ (основное внесение) + $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$ (подкормка), поэтому варьирование урожайности зеленой массы было выражено лишь от последствий удобрений, внесенных под предшественник. Применение под озимую пшеницу 20 т/га навоза + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ (основное внесение) + N_{30} (подкормка) дало возможность увеличить урожайность зерна по удобренным вариантам опыта в 2,0–2,1 раза по сравнению с контролем. Достоверная прибавка зерна выявлена на вариантах 9 и 10, где дополнительно под пшеницу вносилось молибденовое микроудобрение.

На рис. 1 представлены данные о суммарном выносе CaO и MgO люцерной за трехлетний период ее культивирования в севообороте. По удобренным вариантам опыта варьирование выноса CaO и MgO составило 355,9 – 1218,6 кг/га и 44,8 – 150,9 кг/га соответственно.

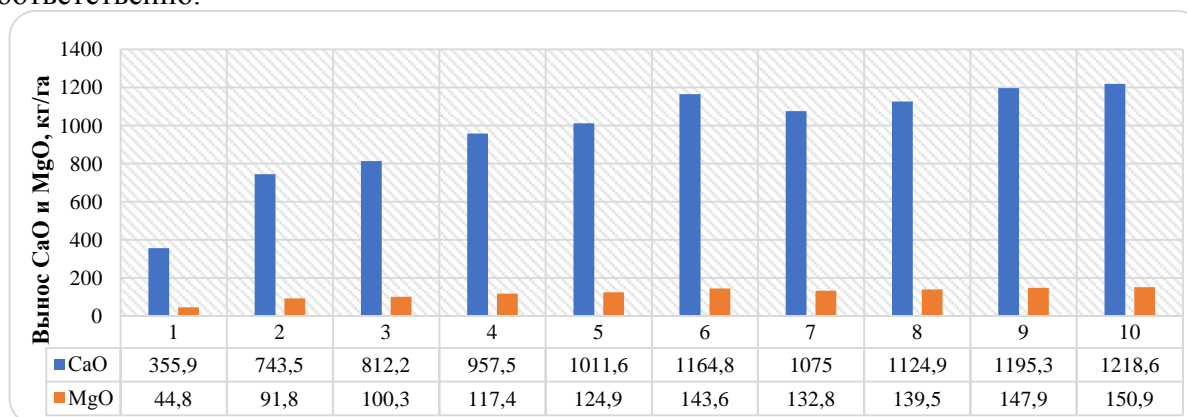


Рис. 1. Влияние удобрений и известкования на суммарный вынос CaO и MgO люцерной в кормовом севообороте за 2014–2016 гг.

На варианте без внесения удобрений и без проведения известкования значение выноса по кальцию не превышало 356, а по магнию – 45 кг/га. Отметим, что однолетний вынос указанных элементов люцерной оказался намного выше, чем у кукурузы и озимой пшеницы (рис. 2).

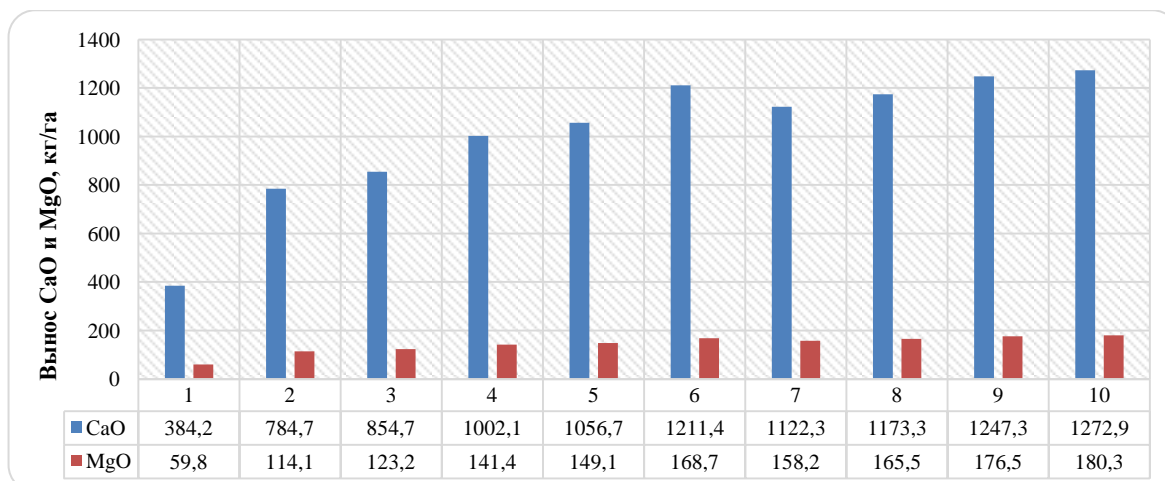


Рис. 2. Вынос щелочноземельных металлов культурами за ротацию кормового севооборота

Важным показателем эффективности применения удобрений и средств мелиорации является их окупаемость урожаем продукции в целом по севообороту на один гектар севооборотной площади. Установлено, что варьирование прироста этого показателя (в кормовых единицах) по сравнению с контролем, в зависимости от изучаемых факторов по удобренным вариантам опыта на один гектар севооборотной площади находится в пределах 17,1–33,3 ц (рис. 3). При этом вклад люцерны в окупаемость по сравнению с кукурузой и озимой пшеницей был намного выше и составил в среднем за 3 года наблюдений 22,4–40,7 ц/га. Следует указать на эффективность применения молибденовых микроудобрений, внесенных как при посеве люцерны, так и под озимую пшеницу. Особенно эффективное воздействие молибдена проявилось на урожае люцерны. На варианте 10 с внесением 2 кг/га Мо дополнительный прирост по сравнению с вариантом без внесения микроэлемента (вариант 5) составил 11,8 ц/га кормовых единиц. В целом же дополнительное внесение молибдена в расчете 0,4 и 0,8 кг Мо на один гектар севооборотной площади способствовало получению достоверной прибавки продуктивности культур по сравнению с вариантами без внесения данного микроэлемента.

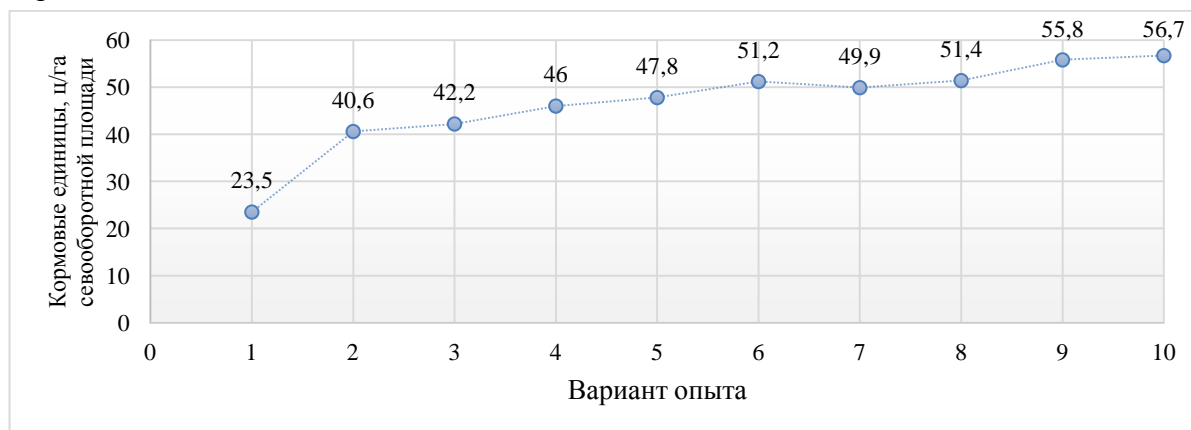


Рис. 3. Влияние удобрений и известкования на продуктивность культур кормового севооборота

Заключение

На основании проведенных исследований представляется возможным сделать следующие выводы: 1) нормы извести для обеспечения высокой продуктивности культур пятипольного кормового севооборота и устранения избыточной кислотности пахотного слоя дерново-подзолистой почвы с pH_{KCl} 4,6, установленные по величине полной гидролитической кислотности; величине pH_{KCl} и гранулометрическому составу, а также по показателям кислотно-основной буферности, оказались неэффективными; 2) внесение под люцерну 8 т/га $CaCO_3 + N_{15}P_{15}K_{15} + 2$ кг/га Мо (1-й год посева), а также проведение

подкормки в дозе N_{20} и $N_{15}P_{15}K_{15}$ во второй и третий годы соответственно в среднем за 3 года обеспечили наибольшую прибавку сена люцерны – 113,0 ц/га по изучаемым вариантам опыта при урожае на контроле (без внесения удобрений) 46,3 ц/га; существенная прибавка сена отмечена за счет дополнительного внесения 2 кг/га Mo; 3) среднегодовая окупаемость применения удобрений и средств мелиорации урожаем культур севооборота (люцерна, кукуруза на зеленую массу и озимая пшеница), выраженная в кормовых единицах, оказалась наиболее значительной на варианте, где на 1 га севооборотной площади вносилось 4,0 т навоза + $N_{38}P_{27}K_{27}$ + 896 кг CaO + 42,4 кг MgO + 0,4 кг Mo; увеличение прироста кормовых единиц за счет удобрений составило 23,2 ц, при контроле 23,5 ц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Векленко, Ю. А. Сучасний стан і перспективи розвитку кормовиробництва України / Ю. А. Векленко, І. Ф. Підпалій // Сільське господарство та лісівництво. – 2015. – № 2. – С. 45–51.
2. Качмар, О. И. Продуктивность короткоротационных севооборотов в зависимости от систем удобрения / О. И. Качмар, О. В. Вавринович, М. М. Щерба // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 88–93.
3. Голобородько, С. П. Люцерна [монография] / С. П. Голобородько, В. С. Снеговой, В. Г. Сахно. – Херсон: Айлант, 2007. – 328 с.
4. Максимчук, Г. А. Люцерна та її потенціал / Г. А. Максимчук // Хімія. Агрономія. Сервіс. – 2010. – № 11 (303). – С. 54–57.
5. Пикун, П. Т. Люцерна и ее возможности / П. Т. Пикун. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 310 с.
6. Надточий, П. П. Оптимизация физико-химических свойств дерново-подзолистой почвы в кормовом севообороте / П. П. Надточий, Т. Н. Мыслыва, Ю. А. Белявский / Вісник ЖНАЕУ. – 2015. – №2 (50), Т.1. – С. 29–39.
7. Цапко, Ю. Л. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні погляди, шляхи розвитку / Ю. Л. Цапко, К. О. Десятник, А. І. Огородня // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2018. – Вип. 87. – С. 11–15.
8. Справочник по кормопроизводству. – 5-е изд. / Под ред. В. М. Косолапова и И. А. Трофимова. – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 717 с.
9. Надточий, П. П. Определение кислотности-основности буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34–39.
10. Городній, М. М. Агрохімія / М. М. Городній, С. І. Мельник, А. С. Малиновський [та ін.] – Київ: ТОВ «Алефа», 2003. – 778 с.
11. Магницкий, К. П. Магниеые удобрения / К. П. Магницкий. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 252 с.
12. Мазур, Г. А. Вміст і співвідношення форм кальцію і магнію в дерново-підзолистих ґрунтах Українського Полісся / Г. А. Мазур // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Кн. 1. – Харків: ПП «Стіль-Іздат», 2018. – С. 78–85.
13. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.