6. Комаров Е.В., Калюжная Н.С., Черезова Л.Б. Состав и структура сообществ жесткокрылых насекомых (Coleoptera) как показатель состояния степных экосистем юго-востока европейской части России // «Степи северной Евразии: стратегия сохранения природного разнообразия и степного природопользования в XXI веке». Материалы международного симпозиума. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2000. С. 189-190.
7. Мелихов, В.В., Комаров Е.В., Комарова О.П. Орошение – основа по-вышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях Юго-Востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 34-39.
8. Семеренко С.А. Экология и защита растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 4 (164). С. 103-137.
9. Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме : учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2001. 136 с.
10. Friche T., Egerer S., Matezki S., Pick Ch., Wogram J. 5-Point programme for sustainable plant protection // Environmental Sciences Europe. 2018. Vol. 30. Article 8. [Электронный ресурс]. URL: <https://enveurope.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s12302-018-0136-2> (дата обращения 15.09.2019 г.)

**Никитин В.С.¹, Митрофанов С.В.¹, Благов Д.А.¹, Панферов Н.С.¹, Белых С.А.¹,
Додонкин Б.О.²**

**Применение цифровых технологий для производственных расчетов определения
потребности в известковых удобрениях**

¹*Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»*

²*Рязанский филиал Московского университета МВД РФ имени В.Я.
Кикотя
(Россия, Рязань)*

doi: 10.18411/lj-09-2019-38

idsp: lj-09-2019-38

Аннотация

В данной работе приводится сравнительный анализ двух методик и алгоритма на их основе по расчету доз внесения известковых удобрений на примере доломитовой муки. Первый метод определения количества вносимых известковых удобрений основан на рекомендованных средних дозах, которые применяются в агрохимических станциях. Второй метод основан на сдвиге pH почвенного раствора с учетом действия раскислителя.

Ключевые слова: известкование, кислотность, почва, программа, интерфейс, расчеты.

Abstract

This paper provides a comparative analysis of two methods and algorithms on their basis for calculating application doses of calcareous fertilizers, using dolomite powder as an example. The first method of determining amount of calcareous fertilizers to be applied is based on the average recommended standards, used in agrochemical laboratories. The second method is based on the shift of the soil solution pH, taking into account the effect of deacidizing agents.

Keywords: liming, acidity, soil, program, interface, calculations.

Одним из основных мероприятий системы удобрения является известкование кислых почв. Данное мероприятие решает две ключевых задачи: во-первых устраняется избыточная кислотность почвы, а во-вторых это положительно влияет на кальциевый обмен. Проведение известкования полностью удовлетворяет потребность сельскохозяйственных культур в таком важном макроэлементе как кальций. Кроме

этого, научно доказано, что известкование положительно влияет на кормовые растения, увеличивая содержание в них сырого протеина, сахара, кальция и витаминов [2].

Кислые почвы имеют неблагоприятное воздействие на азотфиксирующие и клубеньковые бактерии, для развития которых благоприятна нейтральная среда. Жизнедеятельность бактерий подавлена, они не способны на образование доступных для растения форм азота, фосфора и других питательных веществ [5]. Кроме этого, высокое значение pH положительно влияет на развитие в почве патогенных грибов, которые являются возбудителями различных болезней у растений. Установлено, что отрицательное воздействие на растения повышенной кислотности почвы связано с подвижностью алюминия и марганца. В кислой среде растворимость этих элементов увеличивается, что, в свою очередь, приводит к концентрации в почвенном растворе и оказывает токсическое воздействие на выращиваемые сельскохозяйственные культуры.

В нашей стране большая часть кислых почв, pH которых ниже 5,5, находятся в зоне дерново-подзолистых почв. Определение потребности почв в известковании устанавливается по результатам химических анализов (уровень обменной кислотности, степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями). Максимальная эффективность их достигается на 2-3 год. Кроме этого, на скорость действия влияет и вид применяемого удобрения (таблица 1).

Таблица 1

Виды известковых удобрений

Группа	Удобрение	Содержание, % по массе	
		CaO	MgO
Известковые удобрения промышленного производства	Известняковая мука	до 56	0,9
	Доломитизированный известняк	42-55	до 9
	Мел молотый	до 56	
	Жжёная негашёная известь	до 95	
Местные известковые удобрения	Доломитовая мука (природная)	30-32	18-20
	Мергель	15-45	незначительное количество
	Известковые туфы	до 45-50	-
	Озёрная известь (гажа)	до 45-50	-
Отходы промышленности	Торфотуфы	до 45-50	-
	Сланцевая зола (отход сжигания горючих сланцев)	30-48	1,5-3,8
	Доменные и мартеновские шлаки (отходы производства чугуна и стали)	до 50	незначительное количество
	Гашёная известь (отход производства хлорной извести)	до 75	-
	Дефекат (отход производства сахара)	до 40	

Известковые удобрения, содержащие большое количество магния, особенно эффективны для песчаных и супесчаных почв, обеднённых этим питательным элементом.

При проведении известкования кроме кислотности необходимо учитывать особенности культур, возделываемых в севооборотах.

Для расчета количества извести для повышения pH применяют методы расчета: по средним рекомендуемым нормам внесения CaCO_3 т/га; на сдвиг реакции pH почвы [3].

Расчеты по средним рекомендуемым нормам внесения CaCO_3 учитывают как показатели кислотности почвы, так и тип, механический состав почвы.

Расчет для сдвига реакции pH почвы на 0,1 рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{CaCO}_3} = \Delta \text{pH} \cdot A \cdot 10 \quad (1)$$

где V_{CaCO_3} – объем внесения CaCO_3 , т/га

ΔpH – планируемый сдвиг pH;

А – затраты CaCO_3 для сдвига pH на 0,1, т/га;
10 – коэффициент для пересчета в т/га.

Эти методы расчета применяется на практике специалистами агрохимических служб, а также специалистами в области растениеводства. Проведение подобных расчетов требуют определенных знаний в области агрохимии, а также времени, что не всегда бывает у специалистов производства.

Поэтому, для выполнения таких расчетов в Институте технического обеспечения сельского хозяйства был разработан программный комплекс (ПК) с помощью которого можно определить потребность в известковых удобрениях [4]. Работа программы начинается с вызова формы (рисунок 1).

Рисунок 1– Интерфейс для выбора варианта расчета

В этой форме пользователь должен выбрать один из вариантов для расчета потребности в известковых удобрениях. При выборе этих вариантов программа выводит на экран форму рисунок 2).

Рисунок 2 – Интерфейс программы по расчету доз известковых удобрений

Выбран один из севооборотов хозяйства ООО «Мурминское» Рязанской области, который составлен из культур с соответствующим содержанием pH полей

(таблица 2). Каждая из приведенных культур занимает площадь равную 100 га имеющую соответствующее значение рН.

Таблица 1

Содержание рН на различных участках

Вид культуры	Значение рН поля
Пшеница озимая	4,8
Рожь озимая	5,3
Картофель средний и поздний	5,2
Ячмень яровой	5,4

Также вводится параметр рН, до которого необходимо произвести сдвиг исходной кислотности для полей этого севооборота, например до рН = 5,6.

При выборе первого варианта (рисунок 3) производится расчет потребности в известковых удобрениях по нормам внесения и показаны следующие расчетные данные: при кислотности 4,8 для поля с пшеницей озимой мягкой необходимо внести доломитовой муки в количестве – 508,28 т, при кислотности 5,3 для поля с рожью озимой необходимо внести доломитовой муки в количестве – 381,21, при кислотности 5,2 для поля с картофелем среднего и позднеспелого – 444,74 т, при кислотности 5,4 для поля с ячменем яровым – 381,21 т, при кислотности 5,4 для поля с клевером на зеленую массу – 508,28 т, при кислотности 5,2 для поля с картофелем средним и поздним – 444,74 т. Всего необходимо внести известковых удобрений в количестве 2668,50 т по всем шести полям.

Определение доз известковых удобрений

Расчет потребности в известковых удобрениях

Известковые удобрения

Наименование	% д. в. СаСО ₃	% влажности	% частиц > 1 мм
Доломитовая мука, д. в., %	94.000	8.0000	9

№ севооборота	№ поля	Площадь, га	Наименование с.-х. культуры	Дозы известковых удобрений			Исходная кислотность, рН
				Доза СаСО ₃ , д. в. т/га	Доза извест. уд. т/га	Всего известк. удобрений, т	
1	1	100	Пшеница озимая мягкая	4.000	5.083	508.28	4.800
1	2	100	Рожь озимая	3.000	3.812	381.21	5.300
1	3	100	Картофель средний и поздний	3.500	4.447	444.74	5.200
1	4	100	Ячмень яровой	3.000	3.812	381.21	5.400
1	5	100	Клевер на зеленую массу	4.000	5.083	508.28	5.000
1	6	100	Картофель средний и поздний	3.500	4.447	444.74	5.200
Итого						2668.5	

Выход

Рисунок 3 – Выходные данные по потребности в известковых удобрениях

При втором варианте расчета (рисунок 4) для проведения раскисления почвы доломитовой мукой до заданного значения рН = 5,6 необходимо внести на поля следующее количество известкового удобрения: для поля с пшеницей озимой мягкой – 462,07 т, для поля с рожью озимой – 200,64 т, для поля с картофелем средним и поздним – 267,52 т, для поля с ячменем яровым – 133,76 т, для поля с клевером на зеленую массу – 346,55 т, для поля с картофелем средним и поздним – 267,52 т.

Определение доз известковых удобрений

Расчет доз известковых удобрений для доведения реакции почвы до заданного pH (на основе смещения pH от 1 т CaCO₃)

Известковые удобрения

Наименование	% д. в. CaCO ₃	% влажности	% частиц > 1 мм
Доломитовая мука, д. в., %	94.000	8.0000	9

№ севооборота	№ поля	Площадь, га	Наименование с.-х. культуры	Дозы известкового удобрения, т/га			Исходная кислотность, pH
				Доза CaCO ₃ , д. в. т/га	Доза извест. уд. т/га	Всего известк. удобрений, т	
1	1	100	Пшеница озимая мягкая	3.636	4.621	462.07	4.800
1	2	100	Рожь озимая	1.579	2.006	200.64	5.300
1	3	100	Картофель средний и поздний	2.105	2.675	267.52	5.200
1	4	100	Ячмень яровой	1.053	1.338	133.76	5.400
1	5	100	Клевер на зеленую массу	2.727	3.466	346.55	5.000
1	6	100	Картофель средний и поздний	2.105	2.675	267.52	5.200
Итого						1678.1	

Выход

Рисунок 4 – Выходные данные по потребности в известковых удобрениях доведения кислотности полей до заданного pH

В ходе проведения сравнительного анализа этих двух вариантов расчета установлено, что первая методика расчета потребности в известковых удобрениях по нормам внесения извести приводит к значительному перерасходу объема доломитовой муки на уровне в 59,0 % по сравнению со вторым вариантом.

Поэтому в качестве оптимального алгоритма расчета доз известковых удобрений рекомендуется проводить расчеты по известкованию с помощью методики сдвига pH до заданного значения. Это позволит значительно сэкономить известковые удобрения и снизить дополнительную нагрузку на почву.

Заключение Представленные в данной работе математические модели определения доз известковых удобрений на основе двух различных методик расчетов показали, что экономически целесообразным является метод основанный на сдвиге pH, так как сокращается значительное количество раскислителя, а следовательно экономятся средства хозяйства на данное мероприятие. Разработанная программа по расчету доз известковых удобрений, наглядно продемонстрировала работу представленных выше методик. Прикладное значение данной разработки заключается в уменьшении времени на производственные расчеты по формированию системы удобрения с учетом агрохимического обследования почв. Данный комплекс будет представлять интерес для фермеров, которые заняты в области растениеводства.

1. Анспок, П.И., Штиканс Ю.А., Визла Р.Р. Справочник агрохимика нечерно-земной полосы / П.И. Анспок, Ю.А. Штиканс Р.Р. Визла. – Ленинград: Ко-лос, 1981. – 328 с.
2. Благоев, Д.А., Новиков, Н.Н., Митрофанов, С.В., Панферов, Н.С. Программный комплекс для проведения расчетов по заготовлению сочных кормов / Д.А. Благоев, Н.Н. Новиков, С.В. Митрофанов, Н.С. Панферов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 2 (42). – С. 5 – 11.
3. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
4. Митрофанов, С.В., Благоев, Д.А., Новиков, Н.Н., Никитин, В.С. Математические модели по рациональному формированию систем удобрения / С.В. Митрофанов, Д.А. Благоев, Н.Н. Новиков, В.С. Никитин, Панферов Н.С., Белых С.А. // Международный научных сельскохозяйственных журнал. – 2019. – №2. – С. 36 – 43.
5. Михайлова Л.А. Агрохимия. Часть 1 Удобрения: виды, свойства, химический состав / Л.А. Михайлова. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. – 426 с.