

Бюро переводов "ABC"
Код 144480331
г. Шяуляй, ул. Тильжес, 157-204
тел./факс 8-41-525181

Перевод с литовского языка

**ВЕЖАЙЧЯЙСКИЙ ФИЛИАЛ
ЦЕНТРА АГРАРНЫХ И ЛЕСНЫХ НАУК ЛИТВЫ**

Д о г о в о р № 5/2013-05-27

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВЕННОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОГО СРЕДСТВА ДЛЯ
СТИМУЛИРОВАНИЯ ПОЧВЫ „KALKTRAŠĖ“ И „KALKTRAŠĖ HUM“ В КИСЛОЙ
ПОЧВЕ**

**Отчет
по результатам полевых и лабораторных исследований (2013 год)**

2013 г., Вежайчяй

Руководитель работы:

Научный работник отделения растениеводства и эродированных почв Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы **д-р. Регина Ряпшене (Regina Repšienė)**
ул. Гаргжду, 29, Вежайчяй, Клайпедский район, тел. 846558233, эл. почта: regina@vezaiciai.lzi.lt

Инициаторы исследований, авторы методик:

Ст. научный сотрудник отделения растениеводства и эродированных почв Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы **д-р. Дануте Карчаускене (Danutė Karčauskienė)**
ул. Гаргжду, 29, Вежайчяй, Клайпедский район, тел. 846558233, эл. почта: danuteo@vezaiciai.lzi.lt

Ст. научный сотрудник отделения растениеводства и эродированных почв Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы **проф. д-р. Даля Амбразайтене (Dalia Ambrazaitienė)**

ул. Гаргжду, 29, Вежайчяй, Клайпедский район, тел. 846558233, эл. почта: dalia.ambrazaitiene@gmail.com

д-р. Регина Ряпшене

Исполнители исследований, подготовители отчета

**д-р. Регина Ряпшене
д-р. Дануте Карчаускене
проф. д-р. Даля Амбразайтене**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	6
2.1. Место и объект исследования	6
2.2. Условия и методы исследования	6
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	10
3.1. Влажность почвы в период вегетации растений.....	10
3.2. Влияние „KALKTRAŠĚ HUM“ разной интенсивности на свойства почвы и продуктивность летнего ячменя.....	11
3.3. Влияние ежегодного известкования почвы средством „KALKTRAŠĚ HUM“ в разных нормах на свойства почвы и продуктивность многолетних трав.....	12
3.4. Длительность действия „Kalktrašě V“ на агрохимические показатели почвы.....	13
3.5. Влияние средства для известкования „KALKTRAŠĚ HUM“ на микробиологические свойства почвы.....	16
3.6. Равномерность распределения „KALKTRAŠĚ HUM“ разной фракции центробежными разбрасывателями удобрений.....	18
ВЫВОД	20
ЛИТЕРАТУРА	21

ВВЕДЕНИЕ

Известкование было и есть основным средством для урегулирования реакций, происходящих в верхнем и глубоких слоях кислых почв. После изменения почвы от сильно кислой до близкой к нейтральной, деятельность организмов и расщепление органических веществ становятся более активными. После начала использования средств для известкования в кислой почве фосфор становится более доступным для растений и используется в наибольшей степени. Когда pH_{KCl} почвы $> 5,5$, токсичный для растений подвижный алюминий удаляется из раствора почвы, а на его месте образуются важные для развития растений двухвалентные ионы кальция и магния. Под их влиянием формируются устойчивые к воде и механическому воздействию агрегаты, меньшее влияние на почву оказывают ветер и водная эрозия, в ней увеличивается количество питательных веществ и количество органического угля. Учитывая это, становится понятно, что поддержание оптимального уровня pH в пахотном слое почвы и в подпочвенных горизонтах важны не только для защиты почвы, но и для защиты окружающей среды в условиях изменяющегося климата.

Важную роль в развитии современного земельного хозяйства играет создание и поддержание оптимальной реакции почвы являются, поскольку экологические цели, такие как защита почвы и воды от деградации, стали важнее цели вырастить максимальное количество продукции. Для осуществления данного стремления целью удобрения почвы является не только обеспечение растений продуктами питания, но и желание сохранить существующую плодородность почвы, а также ее увеличение от малого количества пищевых элементов до среднего (оптимального) (Pecio, 2004). Нет никаких сомнений в том, что систему известкования, изобретенную несколько десятилетий назад, необходимо приспособить к уже существующим условиям климата и хозяйствования. В создании упомянутой системы важным является подбор средств, необходимых для известкования, с учетом размера их нейтрализующего действия, уровень pH почвы и их гранулометрический состав. Данное исследование является попыткой при помощи различных аспектов оценить не так давно на рынке страны появившееся гранулированное средство для известкования „Kalktrašė“ („Kalktrašė V“) и „KALKTRAŠĖ HUM“ с примесью гумуса.

Цель работы – исследовать действенность средства для известкования „Kalktrašė“ и „KALKTRAŠĖ HUM“ в кислых почвах в климатических условиях Западной Литвы.

Задачи работы:

1. Установить воздействие „Kalktrašė“ (чистого и с примесью гумуса) на pH_{KCl} почвы и прочие показатели кислотности, и биогенные элементы, в зависимости от количества, крупности фракции и продолжительности использования;
2. Оценить роль поддерживающего известкования „Kalktrašė“ (чистого и с примесью гумуса) различной интенсивности на продуктивность летнего ячменя и многолетних трав;
3. Установить равномерность распределения „KALKTRAŠĖ HUM“ различной фракции центробежными разбрасывателями удобрений;
4. Научно обосновать возможности использования „Kalktrašė“ для достижения и поддержания оптимального уровня pH почвы.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Окисление почвы является одной из основных проблем как в Европе, так и в Литве. Это одна из форм химической деградации почв, уменьшающая их урожайность и экологическую стабильность (Varallyay, 2000; Lošak и др., 2012; Szymanka и др., 2008). От показателя уровня рН напрямую зависит количество питательных веществ и их доступность для растений, видовой состав популяций микроорганизмов, количество и активность, разрушение органического вещества и иммобилизация угля и азота в почве, вымывание данных элементов, а также их эмиссия в атмосферу, и, в конце концов, развитие и продуктивность растений (Mažvila и др., 2011; Karlik, 1995). В абсолютном большинстве научных исследований в Литве и за границей подчеркивается, что наиболее эффективным средством, нейтрализующим кислотность, является внесение в эту очень сложную многокомпонентную среду с определенным лимитом деятельности и пространственными конфигурациями средств для известкования, в состав которых входят катионы Ca^{+2} и Mg^{+2} (Kibblewhite и др., 2008). В данной системе известкование оценивается как процесс, имеющий разностороннее воздействие на почву – от улучшения ее урожайности, качества и продуктивности растений (Scott, 1999; Pierce и Warncke, 2000; Ossom и Rhykerd, 2008; Eidukevičienė и др., 2010; Lande и др., 2012) до существенного ухудшения некоторых ее свойств. Проведенные в Польше исследования показали, что под воздействием известкования в почве уменьшалось количество минерального и общего азота, фосфора и количество органических веществ (Bednarek и Reszka, 2008; Otabbong и др., 1993). Согласно литературным данным, в широком диапазоне изменения свойств почвы от известкования, особенно важную роль играет имеющийся уровень рН почвы, зависящий от того, вносятся ли средства для известкования впервые или известкование является систематичным.

Понятие об известковании как о долгосрочном процессе особенно глубоко в Швеции, Польше, Чехии, Америке, Австралии. В этих странах известкование выполняется точно, т.е. строго по существующему состоянию почвы, минералогическому и гранулометрическому составу выбираются средства для известкования соответствующего химического состава и крупности, подсчитывается их количество и предусматривается более подходящий способ их внесения и правильное время (Pagani и Mallarino, 2012; Lalonde и др., 2009). В Литве же не было разницы, известкуется ли почва впервые или известкование уже стало периодичным. Почва около трех десятилетий (1964–1994 г.) известковалась систематично (каждые 5–7 лет) с одинаковой интенсивностью ($5 - 7 \text{ т га}^{-1}$) традиционными средствами для известкования – доломитной мукой (Mažvila, 2010). Благодаря такому интенсивному известкованию площадь условно кислой почвы ($\text{pH} \leq 5,0$) уменьшилась до 18,6%, из них очень кислая – до 1,5%, а средне кислые до 9%. Данный достигнутый результат не был сохранен в целях улучшения почвы, поскольку с 1997 г. в стране почва не известковалась вовсе, а это послужило причиной для повторного окисления почвы, обусловленного обилием осадков, использованием физиологически кислых удобрений и исчезновением базовых катионов вместе с урожаем растений. В последнее время в Литве кислая почва ($\text{pH} \leq 5,5$) занимает около 66,5% от общего количества почв. Наибольшая площадь (31,3%) находится в западной части Литвы, а за последнее десятилетие эта площадь увеличилась на 15–21% (Национальная стратегия развития деревень 2007–2013 г., 2007). Данные почвы являются приоритетными относительно известкования, а их химическое состояние (условно большое количество катионов, небольшая обменная кислотность, немного подвижного алюминия $0,42\text{--}1,76 \text{ мг-экв. кг}^{-1}$) порядком отличающееся от натурально кислой почвы требует надлежащей, т.е. адаптированной к существующим климатическим условиям системы известкования. По данным исследований польских ученых, почвы, уровень рН которых колеблется между 5,1 и 5,5 уже находится в зоне риска окисления и в таких почвах необходимо проводить поддерживающее известкование в

равных интервалах в зависимости от уровня окисления почвы (Pecio, 2004.) В почве, в верхнем (0–10 см) слое которой на протяжении многих лет поддерживается реакция рН 5,5, значения данного показателя увеличиваются и в 10–20 см слое (Urjohn и др., 2005). В почве, в которой поддерживается оптимальная реакция, в смысле улучшения ее здоровья эффективны различные добавки, а наиболее важные из них – гуматы (гуминовые кислоты). Гумат кальция как вещество коллоидной природы улучшает структурность почвы, устойчивость агрегатов, увеличивает сумму обменных катионов и численность биотических популяций. (Donald, 2010). По данным японских ученых внесение в почву органических и неорганических удобрений, в состав которых входят гуматы – это удобрения, отличающиеся своей многофункциональностью, под влиянием которых увеличивается урожайность почвы и эффективность использования удобрений азота и фосфора (Wang, 2007). Установлен синергетический эффект гуминовых кислот на минеральные удобрения. Эффективность используемых в почве добавок очень сильно зависит от свойств группы почвы и их количества (Vacha и пр., 2002; Hao Qing и пр., 2012).

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Место и объект исследования

Место исследования: исследование проведено на севооборотном поле Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы (Западная Литва, южная окраина низины морского побережья 55°43'N, 21°27'E).

Объект исследования: Гранулированное средство для известкования почвы разной фракции (Ø 0,01-2 мм и Ø 2-5 мм) „Kalktrašė V“, химический состав которой: CaO > 43,0 % (CaCO₃ > 77 %); MgO > 2,5 %; Fe₂O₃ > 1,0 %; K₂O > 1,9 %; Na₂O > 0,6 % SO₃ > 2,4 %.

Гранулированное средство для известкования почвы разной фракции (Ø 0,01-2 мм, Ø 2-5 мм и Ø 5-10 мм) „Kalktrašė HUM“, химический состав которой: CaO > 43,0 % (CaCO₃ > 77 %); MgO > 2,5 %; Fe₂O₃ > 1,0 %; K₂O > 2,8 %; Na₂O > 0,6 % SO₃ > 2,4 %; гумус – 0,5 %.

2.2. Условия и методы исследования

Исследуемая средне окультуренная почва – небогатенный альбелювисоль (Jln). Толщина пахотного слоя – 20–28 см, пылевидный - комковатый, легкий и средний суглинок (фракция глины < 0,002 мм 14–15%).

Для оценки эффективности известкования в почве из моренного суглинка проводятся три точные полевые исследования.

Испытание 1. Установить воздействие известкования различной интенсивности „Kalktrašė HUM“ (смеси различной фракции и их количества) на свойства почвы и продуктивность летнего ячменя, исследование проведено по схеме:

1. Не известковано;
2. Известковано смесью Kalktrašė Hum 1 т га⁻¹ (50 % Ø 0,1-2,0 мм +50 % Ø 2,0-5,0 мм);
3. Известковано смесью Kalktrašė Hum 2 т га⁻¹ (50 % Ø 0,1-2,0 +50 % Ø 2,0-5,0 мм);
4. Известковано Kalktrašė Hum 2 т га⁻¹ (Ø 5,0-10,0 мм);

Первое исследование было проведено в 2013 г. Почва средней кислотности, рН_{KCl} 4,90 ± 0,17, гидролизная кислотность 33,32 ± 3,35 мг-экв. кг⁻¹ и уже имеющееся небольшое

количество для растений токсичного подвижного алюминия, немного обменного кальция и магния (см. таблицу 1).

Таблица 1. Химическая характеристика почвы до начала исследования (исследование 1), 2013 г.

Агрохимический показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Коэффициент вариации (V %)
pH _{KCl}	4,90 ± 0,17	6,12
Подвижный Al, мг кг ⁻¹	1,43 ± 1,20	145,05
Гидролизная кислота, мг экв. кг ⁻¹	33,32 ± 3,35	17,42
Обменный Ca, мг кг ⁻¹	1051 ± 63,4	10,44
Обменный Mg, мг кг ⁻¹	100 ± 13,0	22,54
Подвижный P ₂ O ₅ , мг кг ⁻¹	68 ± 6,28	18,39
Подвижный K ₂ O, мг кг ⁻¹	165 ± 6,49	7,87
Суммарный N, %	0,13 ± 0,0019	3,83
Органический C, %	1,26 ± 0,023	1,51

Примечание.

\bar{x} – среднее арифметическое;

$\pm S\bar{x}$ – отклонение от среднего арифметического

Исследованная почва была мало фосфорной относительно подвижного калия – с повышенным содержанием калия, содержание азота в почве среднее, содержит среднее количество органического угля. Коэффициент вариации колеблется в широком интервале от 0,10 до 22,54. А вариация подвижного алюминия очень высока (V=145,05 %), поскольку его количество в почве колеблется от 0 мг кг⁻¹ до 3,81 мг кг⁻¹.

Почва известковалась „Kalktrašè Hum“ двумя способами: 1 т га⁻¹ и 2 т га⁻¹ смешивая смесь в равных частях (по 50%) из мелкой (Ø 0,1-2,0 мм) и крупной (Ø 2,0-5,0 мм) фракции и очень крупной фракции (Ø 5,0-16,0 мм) 2,0 т га⁻¹.

Выращиваемая летняя ячмень ‘Ula’. Делянки расположены рендомизированно, по четыре повторения.

Испытание 2. Влияние ежегодного известкования „KALKTRAŠĚ HUM“ в разных нормах на свойства почвы и продуктивность многолетних трав, исследоване проведено по схеме:

1. Не известковано;
2. Известковано смесью Kalktrašè Hum 0,5 т га⁻¹ (Ø 2,0-5,0 мм);
3. Известковано смесью Kalktrašè Hum 1 т га⁻¹ (Ø 2,0-5,0 мм);

Второе исследование проведено в 2012 г. Почва средней кислотности, pH_{KCl} 5,13 ± 0,03, гидролизная кислотность 31,38 ± 1,71 мг экв кг⁻¹ и уже имеющееся небольшое количество подвижного алюминия и обменного кальция и магния (см. таблицу 2). Исследованная почва была мало фосфорной относительно подвижного калия, однако содержала в себе повышенное количество калия, среднее количество азота и органического угля. Согласно данным об агрохимических свойствах почвы, исследуемая почва гетерогенная, коэффициент вариации колеблется между 0,98 и 91,77 %.

Таблица 2. Химическая характеристика почвы до начала исследования (исследование 2), 2012 г.

Агрохимический показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Коэффициент вариации (V %)
pH _{KCl}	5,13 ± 0,03	1,12
Подвижный Al, мг кг ⁻¹	1,6 ± 0,85	91,77
Hidrolizinis rūgštumas, мг экв. кг ⁻¹	31,38 ± 1,71	9,45
Обменный Ca, мг кг ⁻¹	1127 ± 25,69	3,95
Обменный Mg, мг кг ⁻¹	117 ± 0,67	0,98
Подвижный P ₂ O ₅ , мг кг ⁻¹	64,7 ± 2,03	5,43
Подвижный K ₂ O, мг кг ⁻¹	153 ± 6,89	7,78
Суммарный N, %	0,11 ± 0,01	17,50
Подвижная S, %	0,81 ± 0,18	38,18
Органический C, %	1,21 ± 0,13	19,12

Примечание.

\bar{x} – среднее арифметическое;

$\pm S\bar{x}$ – отклонение от среднего арифметического

Почва известковалась гранулированным средством для стимулирования почвы „Kalktrašė Hum“, весной 2012 г. перед посевом ячменя с подсевом многолетних трав размер гранул 2,0–5,0 мм, норма извести – 1 т га⁻¹ и 2 т га.

Весной (2013 г.) во время обновления вегетации растений проводилось дополнительное известкование по схеме, норма извести такая же, как и в 2012 г. Делянки расположены рендомизированно, по четыре повторения.

Исследование 3. Установить длительность влияния „Kalktrašė V“ (фракции различной крупности), исследование длится с 2009 г. по схеме:

1. Не известковано;
2. Известковано гранулированной смесью „Kalktrašė V“, 0,5 нормы извести (Ø 0,01 - 2,0 mm);
3. Известковано гранулированной смесью „Kalktrašė V“, норма извести 1,0 (Ø 0,01 - 2,0 mm);
4. Известковано гранулированной смесью „Kalktrašė V“, 0,5 нормы извести (Ø 2,0 - 4,0 mm);
5. Известковано гранулированной смесью „Kalktrašė V“, норма извести 1,0 (Ø 2,0 - 4,0 mm).

Третье исследование было проведено в 2009 г. Почва очень кислая, pH_{KCl} 4,46, содержит высокое количество токсичного для растений подвижного алюминия, высокую гидролизную кислотность и маленькое количество обменного кальция и магния (см. таблицу 3). Содержание фосфора в почве среднее, кальция – высокое, азота и органического угля – среднее. Относительно данных химических свойств исследуемая почва гетерогенная, коэффициент вариации колеблется между 0,10 и 21,81.

Таблица 3. Химическая характеристика почвы до начала исследования (исследование 3), 2009 г.

Агрохимический показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Коэффициент вариации (V %)
pH _{KCl}	4,46 ± 0,02	1,19
Подвижный Al, мг кг ⁻¹	63,9 ± 4,41	21,81
Гидролизная кислотность, мг экв. кг ⁻¹	59,6 ± 1,18	6,25
Обменный Ca, мг кг ⁻¹	654 ± 37,5	18,15
Обменный Mg, мг кг ⁻¹	160 ± 2,75	5,44
Подвижный P ₂ O ₅ , мг кг ⁻¹	139 ± 3,50	3,57
Подвижный K ₂ O, мг кг ⁻¹	204 ± 4,00	2,77
Суммарный N, %	0,14 ± 0,001	0,10
Органический C %	1,29 ± 0,04	4,39

Примечание.

\bar{x} – среднее арифметическое;

$\pm S\bar{x}$ – отклонение от среднего арифметического

Продолжение исследования, звено севооборота: летний ячмень→зимний ячмень→многолетние травы→гноение→зимний рапс. Почва известковалась гранулированной известью „Kalktraße V“ – размер гранул – 0,01 - 2,0 мм (мелкая фракция) и 2,0 - 5,0 мм (крупная фракция). Норма извести 0,5 и 1,0 с учетом гидролизной кислотности почвы. Из 0,5 нормы извести было внесено 3,5 т га⁻¹ CaCO₃, всего 4,5 т га⁻¹. Вместе с нормой 1,0 в почву попало 7,0 т га⁻¹ CaCO₃, весом – 9,0 т га⁻¹ извести. Почва известковалась один раз (2009 г.), далее проводились исследования средств для известкования.

С 2009 г. растения в севообороте росли без применения плуга, а с 2013 г. применялось традиционное вспахивание. В этом году после плохой перезимовки красного клевера, исследуемая площадь подготавливалась к посеву зимнего рапса – почва дисковалась дважды, исследуемая площадь была вспахана, возделана (культивирована), удобрения рассыпаны вразной и посеян зимний рапс.

Делянки расположены рендомизированно, по четыре повторения.

Агроклиматические условия. Метеорологические данные (температура воздуха и количество осадков) предоставлены в таблице 4. Весна 2013 г. была поздней, активная вегетация растений началась 21 апреля. В середине мая температура воздуха была 14,3°C или на 3,1°C выше стандартной климатической нормы (СКН). В первой декаде мая преобладала сухая погода, больше всего дождей выпало в третьей декаде. За месяц выпало 49,3 мм осадков. Средняя температура почвы на глубине 15–20 см в третьей декаде мая средняя температура почвы колебалась между 13,2 и 14,7°C. Средняя температура воздуха в первой декаде июня была 17,5°C, выпало только 9,0 мм осадков. Во второй декаде стояла сухая погода: средняя температура воздуха была 16,0°C, выпало 8,2 мм осадков. 23 и 24 июня прошел проливной дождь, выпало 43,2 мм осадков. Всего за месяц выпало 77,5 мм осадков (121% нормы), а средняя температура была 18,2°C. В июне относительно растений и осадков для растений были созданы средние условия, поскольку осадки распределились очень неравномерно. В июле преобладала теплая погода. Средняя температура воздуха составляла 17,4°C, выпало 113,1 мм осадков или 126% средней нормы осадков. В первой декаде преобладала теплая погода, температура воздуха во второй декаде составляла 17,6°C, выпало 25,0 мм осадков. Средняя температура воздуха в августе составляла 17,1°C, осадков выпало 71,0 мм, что составляет 75% нормы, а большая их часть (53,7 мм) выпала во второй декаде. Относительно температур и осадков сентябрь был близок к средней норме осадков (средняя температура воздуха 11,9°C, выпало 90,6 мм осадков).

Таблица 4. Метеорологические данные простой Вежайчяйской климатической станции, 2013 г.

Месяцы	Средняя температура воздуха °С					Осадки, mm				
	Декады			Средняя, месяц	Ср. Многолетняя темп. воздуха 1947-2012 г.	Декады			Сумма в мес.	Ср. Многолетняя темп. воздуха 1947-2012 г.
	I	II	III			I	II	III		
Август	-0,1	6,9	7,0	4,6	5,8	16,7	14,5	19,2	50,4	41,1
Май	12,0	15,7	15,2	14,3	11,2	3,0	10,5	35,8	49,3	44,3
Июнь	17,5	16,0	18,2	17,2	14,8	9,0	8,2	60,3	77,5	63,6
Июль	16,9	17,3	18,1	17,5	17,0	14,3	17,2	81,6	113,1	90,0
Август	19,6	16,8	15,0	17,1	16,5	14,5	53,7	2,8	71,0	94,9
Сентябрь	13,9	13,6	8,3	11,9	12,4	44,3	34,8	11,5	90,6	94,2

Методы лабораторных исследований:

pH 1 mol/l в суспензии KCl– ISO 10390:2005.

Гидролизная кислотность – метод Каппена.

Подвижный алюминий (Al) – метод Соколова – ISO11260 и ISO14254;

Подвижный кальций (Ca) и подвижный магний (Mg) – LVP D-13:2011, 1 разрешение. В буферном растворе pH 3,7.

Суммарный азот (N) – метод Кьельдаля – ISO 11261-1995.

Органический уголь (C) – ISO 10694:1995.

Концентрация подвижного фосфора (P₂O₅) и подвижного калия (K₂O)– LVP D-07:2012, 4 разрешение. Метод, подготовленный лабораторией Egnerio-Rimo-Domingo(A-L)

Микробиологические исследования почвы: микроорганизмы, усваивающие минеральный азот, общее количество бактерий, количество грибов, количество спорных бактерий, дыхание почвы (CO₂) и соотношение C:N.

Влажность почвы измеряется методом взвешивания.

Исследования проведены путем точных полевых и лабораторных исследований. Химическое исследование почвы, проведенное при помощи стандартных методов, Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы лаборатории центра агрохимических исследований. Микробиологические исследования почвы, влажность почвы, фитометрический анализ растений, проведенный в Вежайчяйском филиале центра аграрных и лесных наук Литвы.

Для оценки статистики данных исследований использовался пакет ANOVA (Tarakanovas, Raudonius, 2003). Предоставлена грань вариантов различия наименьшего существенного различия R₀₅.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Влажность почвы в период вегетации растений

Влажность почвы имеет большое влияние на развитие растений. Также при достаточном количестве влажности создаются благоприятные условия для перехода извести и минеральных удобрений в сорбирующий комплекс почвы. Оптимальная влажность пахотного слоя почвы с суглинком средней тяжести для роста ячменя, зимнего тритикале – 17–18%. Оптимальная

влажность почвы с суглинком средней тяжести – 19–23% (чрезмерной влажности > 29 %, мокрый – 24-28 %, оптимальный – 13-18 %, засушливый – 7-12 %, очень сухой < 7 %). В период вегетации растений влажность почвы в пахотном слое на глубине 0-10 см колебался между 8,7 % и 21,3 % (Рис.1.)

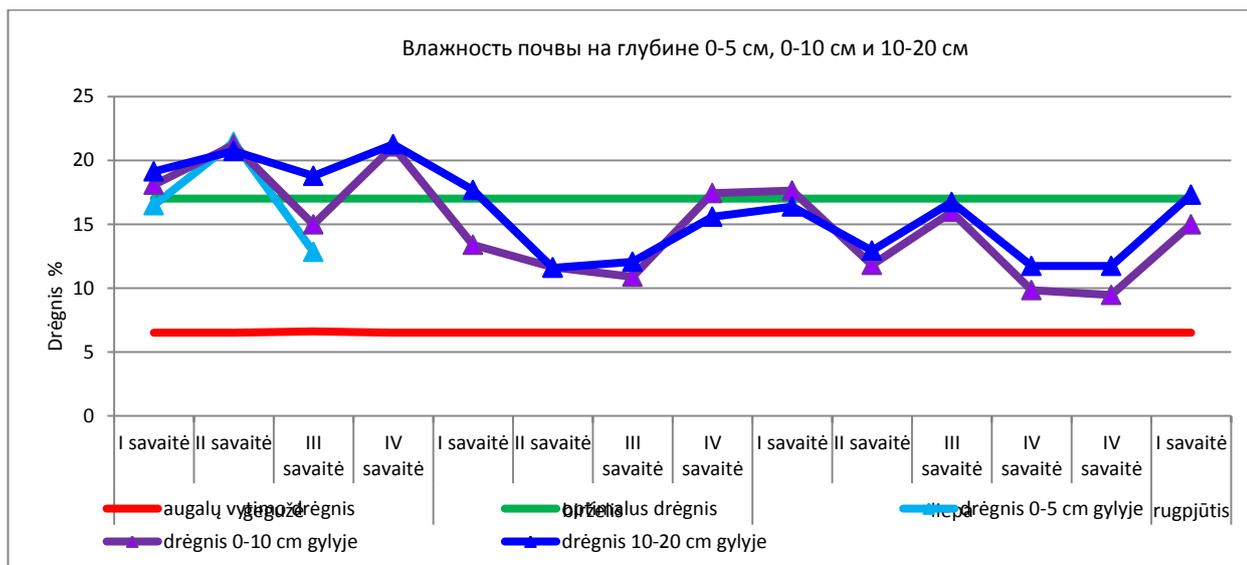


Рис. 1. Влажность почвы в период вегетации растений. Вежайчяй, 2013 г.

На рисунке 2 изображен график влажности пахотного слоя почвы в период вегетации летнего ячменя и многолетних трав. Во время роста ячменя влажность почвы на глубине 0–5 см, другой с 14,5% до 21,52%, 0–10 см –16,17–21,52%, а на глубине 10–20 см колебания были еще менее заметны 19,08–19,94%. Для роста ячменя и многолетних трав условия для роста были средние. Только позже, с начала кущения до конца влажность почвы как на глубине 0–10 см, так и на глубине 10–20 см колебалась между 13,65–21,76% ближе к оптимальной норме, т.е. 17%. Когда ячмень находится в стадии ВВСН 71 на глубине 0–10 см, так и на глубине 10–20 см колебалась между 8,65 и 11,64%, однако данное уменьшение не нанесло большого ущерба росту ячменя. Влажность почвы больше всего уменьшилась до 4,5% и 6,96% когда ячмень находился в стадии позднего молочного созревания. За весь период вегетации ячменя, а для многолетних трав за период до жатвы, были созданы благоприятные условия для перехода извести и удобрений в раствор почвы. Данные о продуктивности многолетних трав предоставлены далее.

3.2. Влияние „KALKTRĄŠĖ HUM“ различной интенсивности на свойства почвы и продуктивность летнего ячменя

Одноразовое внесение извести „KALKTRĄŠĖ HUM“ разной крупности (Ø 0,1-2,0 мм, Ø 2,0-5,0 мм, Ø 5-10 мм) и разные нормы (1 т га⁻¹ и 2 т га⁻¹) по 1 схеме исследования, а также через 4 месяца не оказал существенного влияния на показатели кислотности почвы. Все данные показатели находились на грани погрешности друг друга как уровень рН (рН_{KCl} – 4,97-5,13), так и гидролизная кислотность (35,6-41,32 мг экв. кг⁻¹), так и подвижный алюминия (0,91-2,12 мг кг⁻¹) (таблица5).

Таблица 5. Влияние „KALKTRĂȘË HUM“ различной интенсивности на рН_{КСІ}, гидролизную кислотность и подвижный алюминий.

Вариант	рН _{КСІ}	Гидролизная кислотность мг экв. кг ⁻¹	Подвижный Al, мг кг ⁻¹
1. Не известковано	5,07	35,6	1,07
2. Kalktrășe Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	4,97	41,32	2,12
3. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	5,13	37,84	0,91
4. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	5,03	39,50	0,91
R ₀₅	0,47	10,743	3,903

После внесения „KALKTRĂȘË HUM“ была замечена тенденция увеличения обмена кальция и магния. По сравнению с не известкованной почвой, количество обменного кальция увеличилось до 1030,3–1054,7 мг кг⁻¹ (Таблица 6).

Таблица 6. Влияние „KALKTRĂȘË HUM“ разной фракции норм смесей на обменный кальций и магний.

Вариант	Обменный Ca, мг кг ⁻¹	Обменный Mg, мг кг ⁻¹
1. Не известковано	980,0	56,3
2. Kalktrășe Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	1030,3	63,0
3. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	1054,7	60,7
4. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	1030,7	63,7
R ₀₅	280,841	15,190

После внесения Kalktrășe Hum была замечена тенденция увеличения количества обменного кальция и магния. По сравнению с не известкованной почвой, количество обменного кальция увеличилось до 1030,3–1054,7 мг кг⁻¹ (таблица 6).

Таблица 7. Влияние Kalktrășe Hum различной фракции на количество и высоту проросших в грунте растений летнего ячменя.

Варианты	Кол-во взойденн ых растений, ед. 1 м ⁻²	Продукти вные	Общее	Кол-во стволо в, см
		Кол-во стволов ед. 1 м ⁻²		
1. Не известковано	266,0	668,5	691,5	54,40
2. Kalktrășe Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	261,0	604,0	662,5	53,18
3. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 +50 % 2,0-5,0)	277,5	676,5	708,5	55,13
4. Kalktrășe Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	296,5	685,0	721,0	54,28
R ₀₅	63,719	106,65	117,68	5,786

Одноразовое внесение извести Kalktrășe Hum не оказало влияния на прорастание ячменя. В не известкованной почве количество растений, которые взошли составило 266 шт. м⁻² (таблица 7). Количество продуктивных стеблей в пределах погрешности 604–685 шт. м⁻². Наибольшее общее количество стеблей (продуктивных и непродуктивных) (708,5–721,0 шт. м⁻²) установлено в известкованной почве. Норма внесения извести 2 т га⁻¹. На высоту стеблей известкование не оказало какого-либо влияния, их высота изменялась от 53,18 см до 55,13 см.

Таблица 8. Влияние Kalktrășe Hum различной фракции на длину колоса летнего ячменя, количество зерен в них и массу тысячи зерен

Варианты	Длина колоса, см	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
----------	---------------------	----------------------------------	------------------------

1. Не известковано	6,50	19,73	48,46
2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	6,53	21,18	48,56
3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	6,60	20,18	48,88
4. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	6,28	20,28	48,75
R ₀₅	0,542	1,977	1,455

Внесение извести оказало незначительное влияние на длину колоса ячменя, количество зерен в колосе и массу зерна 1000 (таблица 8). Более длинные колоса установлены в почве, известкованной смесью Kalktrašë Hum, норма внесения извести 1 и 2 т га⁻¹, известь различной фракции. А количество зерна в колосе и масса тысячи зерен были установлены в почве, известкованной по всем нормам, по сравнению с не известкованной почвой, однако во всех случаях не были получены надежные различия для статистики.

Таблица 8. Влияние Kalktrašë Hum различной фракции на длину колосов летнего ячменя, количество зерен в них и массу тысячи зерен.

Варианты	Урожай зерен		Добавка зерен т га ⁻¹ по сравнению с контрольной
	т га ⁻¹	%	
1. Не известковано	4,48	100	–
2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	5,20	116	+ 0,72
3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	5,35*	119	+ 0,87
4. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	5,26	117	+ 0,78
R ₀₅	0,810	–	–

В исследовании при использовании всех норм и фракций Kalktrašë Hum, был получен более богатый урожай зерен, по сравнению с не известкованной почвой (таблица 9). Статистически надежное увеличение урожая + 87 т га⁻¹ было получено после внесения извести Kalktrašë Hum в норме 2 т га⁻¹ (смесь различной фракции). Хотя и не существенное, однако увеличение урожая (0,72 т га⁻¹) было и после внесения меньшего количества смеси Kalktrašë Hum в норме 1 т га⁻¹, также было получено увеличение урожая 0,78 т га⁻¹ и после внесения более крупной нормы 2 т га⁻¹ (Ø 5,0-10,0 мм).

Таблица 9. Влияние Kalktrašë Hum различной фракции на урожай зерен летнего ячменя

Варианты	Урожай зерен		Добавка зерен т га ⁻¹ по сравнению с контрольной
	т га ⁻¹	%	
1. Не известковано	4,48	100	–
2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	5,20	116	+ 0,72
3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (50 % 0,1-2,0 + 50 % 2,0-5,0)	5,35*	119	+ 0,87
4. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹ (5,0-10,0)	5,26	117	+ 0,78
R ₀₅	0,810	–	–

* – сведения надежны на 95%

3.3. Влияние ежегодного известкования Kalktrašë Hum в различных нормах на свойства почвы и продуктивность многолетних трав

После обновления вегетации растений, было проведено повторное известкование по 2-ой схеме исследования в таких же нормах Kalktrašë Hum. Пробы почвы были взяты перед дискованием, т.е. спустя 4 месяца после известкования. После проведения анализа почвы было установлено, что уровень рН остался без изменений (рН_{KCl} 5,1) (таблица 10). Была установлена

тенденция увеличения обменного кальция и магния, и тенденция уменьшения гидролизной кислотности, по сравнению с не известкованной почвой.

Оценивая почву по изменениям питательных веществ растений, было установлено, что количество подвижного P_2O_5 увеличилось до $74,3 \pm 3,00$ мг $кг^{-1}$, а подвижного K_2O увеличилось до $191,3 \pm 7,18$ мг $кг^{-1}$.

Таблица 10. Влияние известкования Kalktrašë Hum в различных нормах на агрохимические показатели

Вариант	pH _{KCl}	Гидролизная кислотность мг экв. $кг^{-1}$	Обменный Ca, мг $кг^{-1}$	Обменный Mg, мг $кг^{-1}$
1. Не известковано	5,10	37,49	935,8	67,8
2. Kalktrašë Hum 0,5 т $га^{-1}$ (\varnothing 2,0-5,0 мм)	5,15	35,30	1004,5	71,5
3. Kalktrašë Hum 1 т $га^{-1}$ (\varnothing 2,0-5,0 мм)	5,10	36,58	927,8	77,5
R ₀₅	0,20	8,946	204,557	26,016

Урожай многолетних трав считался в сухих материалах (SM) т $га^{-1}$. Урожай многолетних трав был средним ($3,63-3,85$ т $га^{-1}$), поскольку осадки в период интенсивного роста растений в мае распределились по-разному (таблица 11). В известкованной почве, по сравнению с известкованной, было получено незначительное увеличение урожая многолетних трав $0,02-0,22$ т $га^{-1}$, однако не установлена статистически надежная добавка урожая. Красный клевер чувствителен к кислотности почвы, по сравнению с тимофеевкой луговой, поэтому клевер положительно реагирует на известкование. Наибольшее количество красного клевера ($30,5-48,4$ %) было в повторно известкованной почве, а в не известкованной – наименьшее ($22,3$ %).

Таблица 11. Влияние ежегодного известкования Kalktrašë Hum в различных нормах на урожай и ботанический состав многолетних трав (СМ).

Вариант	Урожай СМ, т $га^{-1}$	Ботанический состав		
		Клевер, %	Тимофеевка, %	Прочие травы, %
1. Nekalkinta	3,63	22,3	77,5	0,2
2. Kalktrašë Hum 0,5 т $га^{-1}$ (\varnothing 2,0-5,0 мм)	3,65	30,5	69,1	0,4
3. Kalktrašë Hum 1 т $га^{-1}$ (\varnothing 2,0-5,0 мм)	3,85	48,4	48,7	2,9
R ₀₅	1,032	25,509	27,715	0,568

Опираясь на данные исследований, в известкованной почве годовой урожай красного клевера по сравнению с не известкованной почвой был в $1,4-2,2$ раза больше.

3.4. Длительность воздействия средства для известкования почвы Kalktrašë V на агрохимические показатели почвы

После известкования в севообороте на протяжении трех лет применялась упрощенная технология возделывания земли и на четвертый год вспахана. При оценке исследуемой почвы (2013 г.) наиболее оптимальной для роста растений по количеству питательных веществ растений была фосфорная – подвижный P_2O_5 $158 \pm 14,0$ мг $кг^{-1}$ и повышенное содержание калия – подвижный K_2O $239 \pm 12,5$ мг $кг^{-1}$.

Изменения pH_{KCl} почвы за четырехлетний период предоставлены на рис. 2.

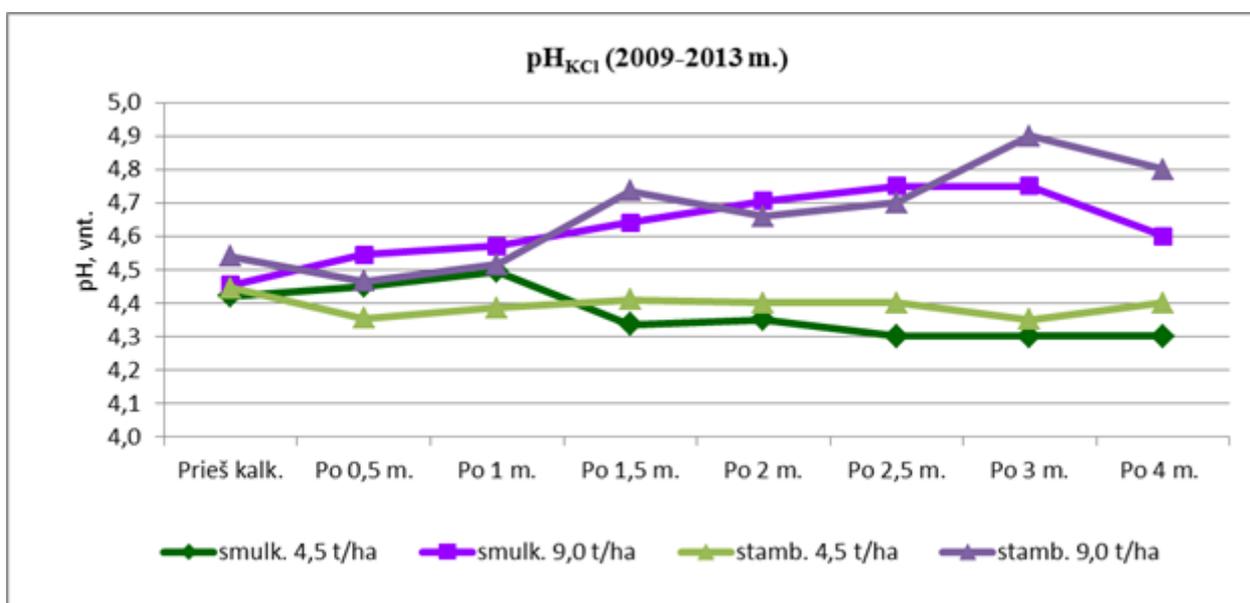


Рис. 2 Влияние Kalktrašė V на изменения pH_{KCl} почвы

Спустя полугодия после внесения Kalktrašė V, pH_{KCl} увеличилось не значительно на 0,03–0,09 ед. Спустя год после известкования увеличение pH_{KCl} было на 0,1 ед. в почве известкованной как мелкой ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$), так и крупной ($9,0 \text{ t ha}^{-1}$) фракции. А через два года после известкования pH_{KCl} увеличилось как при использовании Kalktrašė V крупной, так и мелкой фракции, изменение pH_{KCl} было от 4,5 до 4,7 ед. Спустя три года после использования Kalktrašė V в крупных нормах, норма pH_{KCl} увеличилась до 4,8–4,9, при внесении известии мелкой фракции – нормы pH_{KCl} не изменились и остались на прежнем уровне 4,3–4,4. Спустя четыре года в почве, которая известковалась обеими фракциями в больших нормах, pH_{KCl} не значительно уменьшилось до 4,6–4,8, а в известкованной в малых нормах pH_{KCl} осталось без изменений 4,3–4,4.

Количество подвижного алюминия в почве стремительно уменьшалось как после внесения Kalktrašė V мелкой, так и крупной фракции (Рис. 3). Спустя полугодия после известкования почвы, подвижный алюминий в почве уменьшилось соответственно от 77,7 до 51,6 mg kg^{-1} и от 60,7 до 28,9 mg kg^{-1} . А спустя год после известкования было установлено уменьшение подвижного алюминия и от обеих норм Kalktrašė V крупной фракции. Спустя два года было установлено, что в почве, известкованной в большей норме (9 t ga^{-1}) Kalktrašė V, как мелкой фракции (0,01–2,0 мм), так и крупной (2,0–4,0 мм) фракции, подвижный алюминий достиг безвредного количества для растений, соответственно 8,8 и 8,9 mg kg^{-1} . После известкования в более мелких нормах обеих фракций, остается вредное для растений количество подвижного алюминия – 50,1 и 35,2 mg kg^{-1} . Через три года от больших норм Kalktrašė V, количество подвижного алюминия уменьшилось до 2,3–7,0 mg kg^{-1} , а при использовании более мелких норм остается на том же уровне – 48,3–41,8 mg kg^{-1} . Через четыре года после начала известкования и вспахивания было установлено, что почва, которая известковалась в больших нормах Kalktrašė V, количество подвижного алюминия увеличилось до 13,0–15,6 mg kg^{-1} , а где известкование проводилось в маленьких нормах, осталось почти без изменений – 51,3–42,5 mg kg^{-1} . Однако данное увеличение не было существенным.

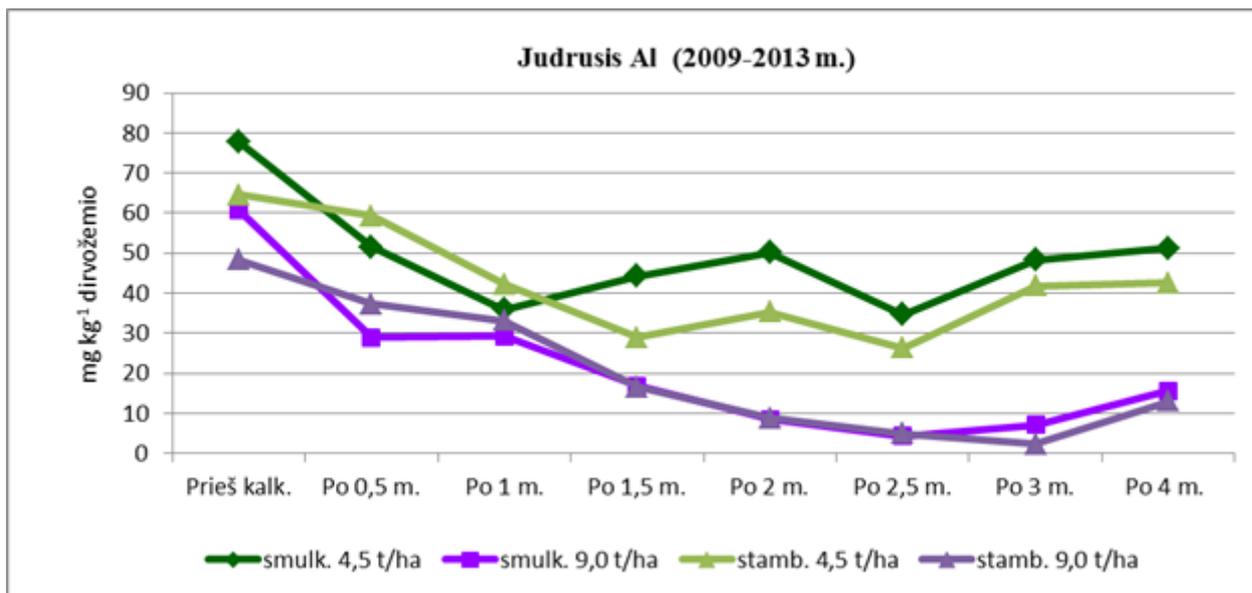


Рис. 3 Влияние Kalktrašė V на изменения подвижного алюминия

После известкования гидролизная кислотность почвы уменьшилось также, как и количество подвижного алюминия (Рис. 4). Через два года после известкования, Kalktrašė V в маленькой норме мелкой и крупной фракции, гидролизная кислотность уменьшилась от 59,4 - 62,4 мг экв. кг⁻¹ до 48,3-52,5 мг экв. кг⁻¹. От использования большей нормы обеих фракций гидролизная кислотность еще более уменьшилась до 37,1 - 39,2 мг экв. кг⁻¹. Спустя три года после начала использования Kalktrašė V в крупных нормах, количество гидролизной кислотности от извести мелкой фракции уменьшилось до 41,9 мг экв. кг⁻¹, а от более крупной до – 29,9 мг экв. кг⁻¹. Гидролизная кислотность от малой нормы мелкой фракции уменьшилось до 51,3 мг экв. кг⁻¹, крупной – до 47,8 мг экв. кг⁻¹. Спустя четыре года после начала применения пахотной технологии, гидролизная кислотность в почве почти не изменилось. В почве, известкуемой в крупных нормах Kalktrašė V, гидролизная кислотность увеличилась до 35,4 - 40,8 мг экв. кг⁻¹, а в почве, известкованной в малых нормах, количество гидролизной кислотности остается почти таким же – 48,1 - 48,4 мг экв. кг⁻¹. Однако такое увеличение не имело существенного влияния.

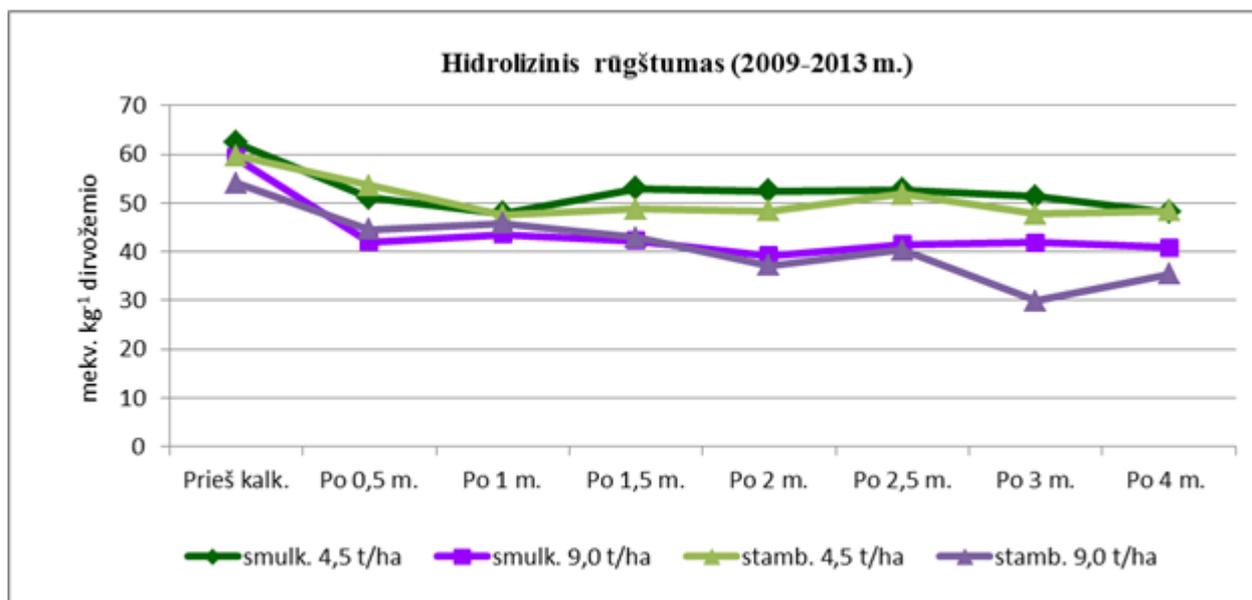


Рис. 4 Влияние Kalktrašė V на изменение гидролизной кислотности

При использовании средств для известкования улучшается структура почвы, поскольку кальций связывает частицы почвы в устойчивые структурные агрегаты. Также улучшается водный режим, становится активной деятельность полезных микроорганизмов.

После известкования количество обменного кальция в почве увеличилось после внесения Kalktrašė V мелкой фракции (9,0 т га⁻¹) крупной нормы (Рис. 5). Спустя полгода после внесения Kalktrašė V количество обменного кальция в почве увеличилось до 1133,5 мг кг⁻¹, через год было установлено еще большее его количество 1367,5 мг кг⁻¹. А через два года после известкования количество обменного кальция в почве стабилизировалось и наибольшее его количество (979,5-1039,5 мг кг⁻¹) было установлено там, где были внесены наибольшие нормы обеих фракций. Спустя три года количество обменного кальция в почве увеличилось (до 1101 мг кг⁻¹) после внесения наибольшей нормы (9,0 т га⁻¹) Kalktrašė V крупной фракции, после внесения такой же нормы мелкой фракции обменного кальция в почве было установлено меньше – 857 мг кг⁻¹. Похожие тенденции остаются при использовании меньшей нормы Kalktrašė V (4,5 т га).

Спустя четыре года после известкования и вспахивания почвы было установлено небольшое уменьшение обменного кальция. При известковании почвы маленькими нормами Kalktrašė V обменного кальция уменьшилось до 585 - 722 мг кг⁻¹, а крупной нормой – до 677 - 740 мг кг⁻¹.

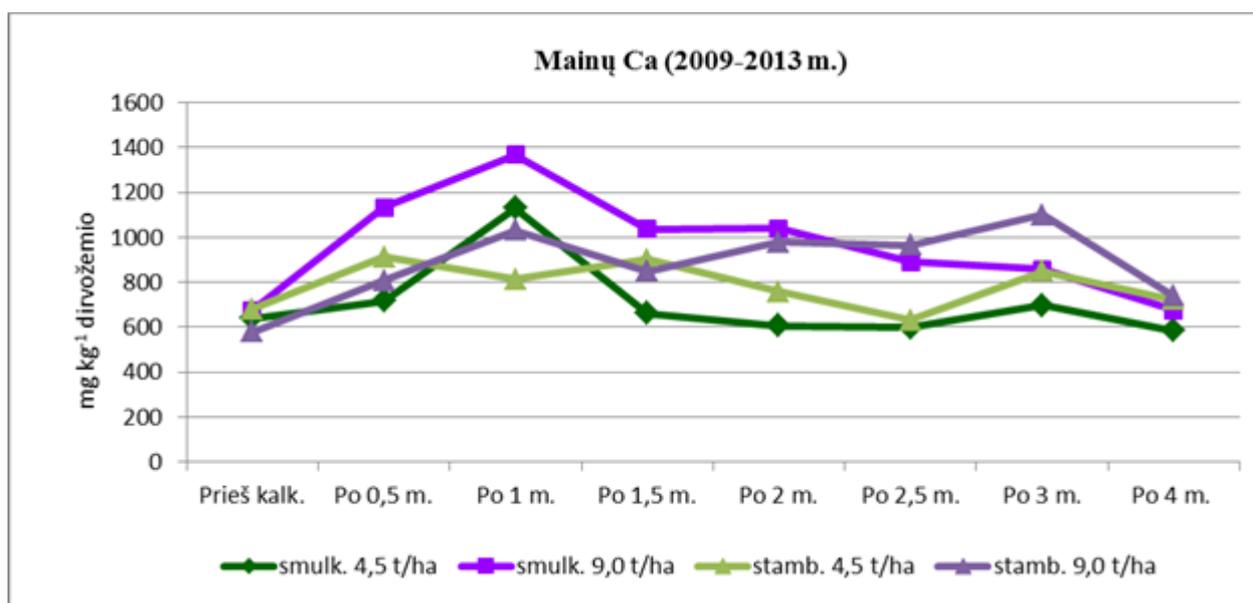


Рис. 5. Влияние Kalktrašė V на изменения обменного кальция в почве

Влияние Kalktrašė V было установлено и для обменного магния (рис. 6). Количество обменного магния обеих норм и различных фракций в почве увеличилось также как и обменного кальция, как через год или два. Через три года после использования известкового тука обеих норм (4,5 и 9,0 т га⁻¹) и фракций (0,01-2 и 2,0-4,0 мм) в почве количество обменного магния было похоже 131 – 154 мг кг⁻¹.

Спустя четыре года после известкования и вспахивания почвы было установлено небольшое количество обменного магния (до 100 – 115 мг кг⁻¹), которая была известкована в обеих нормах и фракциях Kalktrašė V.

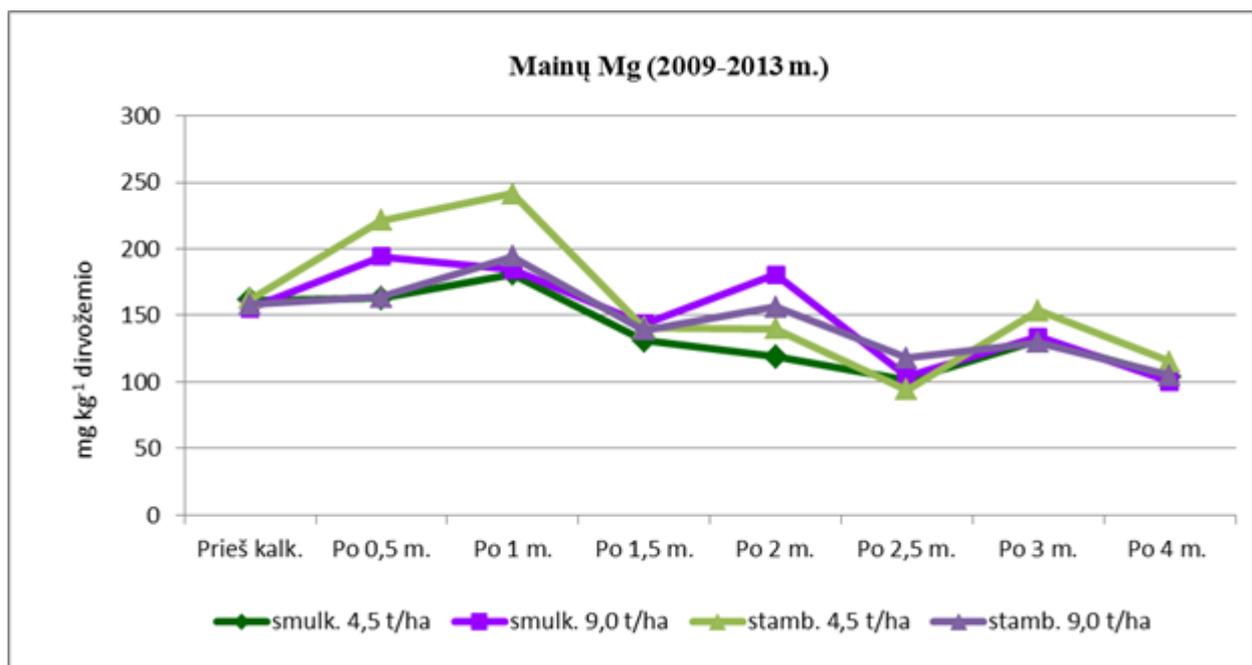


Рис. 6. Влияние Kalktrašė V на изменения обменного магния в почве

3.5. Влияние средства для известкования Kalktrašė Hum на микробиологические особенности почвы

Для оценки биологической активности почвы было установлено соотношение C:N, которое показывает на условия минерализации органического вещества в почве. Общая биологическая активность была оценена согласно количеству CO₂, выделившемуся из почвы. Исследование выполнено 4 раза во время вегетации. Тем самым была проведена оценка общего количества микроэлементов бактерий и почвы (микроскопических грибов).

На примере посева летнего ячменя видно, что использование Kalktrašė Hum незначительно увеличило запас неминерализованного угля в почве (таблица 12). Количество Kalktrašė Hum большего влияния не оказало. Однако используя Kalktrašė Hum биологическая активность почвы была почти вдвое больше, чем в не известкованной почве 29 мая (в период кустования ячменя). Во время вегетации поздних растений данный показатель уменьшился, однако наибольших различий между вариантами анализа нет.

Таблица 12. Влияние средства для известкования Kalktrašė Hum на биологические свойства почвы в посеве летнего ячменя

Вариант	C/N отноше ние 29 мая	C/N отноше ние 10 июля	C/N отноше ние 20 августа	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 29 мая	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 10 июля	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 20 августа	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 9 октября
1. Не известковано	11,14	10,36	10,86	0,0261	0,0306	0,0123	0,0229
2. Kalktrašė Hum 1 т га ⁻¹	10,46	9,72	9,38	0,04515	0,0239	0,0126	0,0218
3. Kalktrašė Hum 2 т га ⁻¹	9,96	9,97	10,02	0,0431	0,0330	0,0176	0,0161

При оценке изменений групп микроорганизмов в не известкованной почве можно утверждать, что большое количество аммонифицирующих бактерий, распространяющих органические вещества остаются до конца августа (таблица 13). Тем временем в

известкованной почве их было намного меньше. Однако микроорганизмы, усваивающие минеральный азот, пик быстрее достигают в известкованной почве. Это указывает на то, что в данных вариантах процессы расщепления произошли раньше и минерального азота было больше, на что указывает уменьшившееся соотношение C:N. Об изменении кислотности почвы, при использовании Kalktrašë Hum показывает уменьшение количества микроскопических грибов в почве.

Таблица 13. Влияние средства для известкования Kalktrašë Hum на количество микроорганизмов почвы в посеве летнего ячменя

Дата	Вариант	Кол-во аммонифицирующих бактерий, ksv *10 ³ г ⁻¹ abs.s.dirvož. (почвы)	Кол-во бактерий, ассимилирующих азот ksv *10 ³ г ⁻¹ abs.s.dirvož. (почвы)	Кол-во микромицетов, ksv *10 ³ г ⁻¹ abs.s.dirvož. (почвы)
29 мая	1. Не известковано	4567,22	8946,80	28,54
	2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹	6721,22	8372,89	36,77
	3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹	3805,54	3324,97	37,74
11 июля	1. Не известковано	11103,4	6316,05	53,01
	2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹	9510,34	12428,64	29,38
	3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹	5800,80	8544,66	43,04
22 августа	1. Не известковано	10524,58	10727,00	41,77
	2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹	6248,36	5798,76	41,16
	3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹	5807,40	8739,20	32,67
10 октября	1. Не известковано	4940,17	4465,13	37,92
	2. Kalktrašë Hum 1 т га ⁻¹	3417,50	3557,16	16,49
	3. Kalktrašë Hum 2 т га ⁻¹	4152,10	4032,96	24,59

При использовании Kalktrašë Hum в посеве многолетних трав, биологическая активность почвы увеличивается, однако не столь интенсивно, по сравнению с летним ячменем (таблица 14). Биологическая активность (выделение CO₂) максимального значения достигает в июле. В почве, в которой выращивается многолетняя трава, где весной было проведено известкование (0,5 и 1,0 т га⁻¹) Kalktrašë Hum, во время вегетации растений увеличилось количество азота (соотношение C:N уменьшилось). В конце вегетации остается похожим в обоих посевах.

Таблица 14. Влияние средства для известкования Kalktrašë Hum на биологические свойства в посеве многолетних трав

Вариант	Соотношение C/N 29 мая	Соотношение C/N 10 июля	Соотношение C/N 20 августа	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 29 мая	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 10 июля	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 20 августа	CO ₂ мг г ⁻¹ сутки ⁻¹ 9 октября
1. Не известковано	10,16	8,63	9,04	0,0178	0,02845	0,0160	0,0122
2. Kalktrašë Hum 0,5 т га ⁻¹	9,24	9,64	10,11	0,0206	0,03065	0,0234	0,0178
3. Kalktrašë Hum 1,0 т га ⁻¹	11,05	9,90	9,74	0,0265	0,03355	0,01785	0,0159

О меньшей биологической активности в посеве многолетних трав можно судить по сравнительно меньшему количеству бактерий в данной почве (таблица 15). В начале вегетации

более активными были микроорганизмы, усваивающие минеральный азот, особенно в не известкованной или слабо известкованной Kalktrašė Hum почве. В известкованной Kalktrašė Hum 1,0 т га⁻¹ почве установлена наибольшая биологическая активность. В ризосфере многолетних трав грибов в почве как при известковании, так и при не известковании больше, чем в ризосфере летнего ячменя. Их количество снижается только в конце вегетации, особенно в известкованной почве.

Таблица 15. Микроорганизмы в почве посева многолетних трав

Дата	Вариант	Кол-во аммонифицирующих бактерий, ksv *10 ³ g ⁻¹ abs.s.dirv. (почвы)	Кол-во бактерий, ассимилирующих минеральный азот ksv *10 ³ g ⁻¹ abs.s.dirv. (почвы)	Кол-во микромицетов, ksv *10 ³ g ⁻¹ abs.s.dirv. (почвы)
29 мая	1. Не известковано	1425,65	18272,53	31,94
	2. Kalktrašė Hum 0,5 т га ⁻¹	2819,14	15748,46	32,84
	3. Kalktrašė Hum 1,0 т га ⁻¹	1486,57	8710,48	34,00
11 июля	1. Не известковано	8774,46	5423,90	41,68
	2. Kalktrašė Hum 0,5 т га ⁻¹	10084,0	5264,72	35,08
	3. Kalktrašė Hum 1,0 т га ⁻¹	8858,97	7351,06	31,09
22 августа	1. Не известковано	11392,64	12706,60	51,35
	2. Kalktrašė Hum 0,5 т га ⁻¹	7226,10	7743,40	47,85
	3. Kalktrašė Hum 1,0 т га ⁻¹	9219,20	7206,00	47,85
10 октября	1. Не известковано	7326,90	7501,35	27,14
	2. Kalktrašė Hum 0,5 т га ⁻¹	7695,06	7085,66	14,86
	3. Kalktrašė Hum 1,0 т га ⁻¹	12729,36	11904,6	22,76

3.6. Равномерность распределения „KALKTRAŠĖ HUM“ различной фракции центробежным разбрасывателем удобрений

Для установления равномерности разбрасывания удобрений Kalktrašė Hum центробежным разбрасывателем использовалось соотношение различных фракций (мелкая Ø 0,1 - 2,0 мм и крупная Ø 2,0 - 5,0 мм).

Соотношение фракций Kalktrašė Hum

Мелкая фракция 50 % + крупная фракция 50 %.

При измерении распределение удобрений было следующим:
 через 4 м 30 % мелкой фракции,
 через 6-7 м 50 % мелкой + 5 % крупной фракции,
 через 9-10 м 20 % мелкой + 35 % крупной фракции,
 через 15-20 м 60 % крупной фракции.

Мелкая фракция 70% + крупная фракция 30%.

При измерении распределение удобрений было следующим:
 через 4 м 50 % мелкой фракции,
 у 7 м 30 % мелкой фракции,
 у 9-10 м 20 % мелкой + 10 % крупной фракции,
 у 15-20 м 80 % мелкой фракции.

Smulkioji frakcija 30% + stambioji frakcija 70%.

При измерении распределение удобрений было следующим:

už 3-4 m 40 % мелкой фракции,
už 5-6 m 50 % мелкой + 10 % крупной фракции,
už 9-10 m 10 % мелкой + 20 % крупной фракции,
už 15-20 m 80 % крупной фракции.

Мелкая фракция 10% + крупная фракция 90%.

При измерении распределение удобрений было следующим:

už 3-4 m 50% мелкой фракции,
už 5-6 m 48-50 % мелкой + 20 крупной фракции
už 8 m 2 % мелкой + 50 % крупной фракции,
už 15-20 m 30 % крупной фракции.

Готовые смеси Kalktrašè Hum двух фракций, помещенные в подвесной распределитель „Vogballe“ с центробежным распределителем гранул. Полученные данные исследований показывают, что смеси Kalktrašè Hum, состоящие из мелкой и крупной фракций, распределяются неравномерно. Ближе к удобрителю (4–6 м) рассыпается наибольшее количество (до 80%) удобрений мелкой фракции \varnothing 0,1 - 2,0 мм, а дальше от него (8–15 м) высыпается наибольшее количество (до 80%) количество гранул крупной фракции \varnothing 2,0 - 5,0 мм.

При передвижении трактора по полю в ящике для удобрений сепарирования гранул известковых веществ не установлено. Известкование смесями Kalktrašè не желательно, поскольку вблизи удобрения высыпается мелкая фракция, намного дальше высыпается крупная фракция, в следствие чего почва известкуется неравномерно. Неравномерно известкованная почва бывает очень «пестрой» в отношении кислотности.

ВЫВОД

Изменения свойств очень кислой ($\text{pH}_{\text{КС1}} 4,4$, подвижный $\text{Al } 77,7 \text{ мг кг}^{-1}$) небогатенной альбелювисоли (мореный суглинок) и после известкования ставшей средней кислотности ($\text{pH}_{\text{КС1}} 4,9-5,1$, подвижный $\text{Al } 1,4-1,6 \text{ мг кг}^{-1}$), преобладающей в западной Литве и продуктивность растений зависела от количества Kalktrašė, крупности фракции и времени, прошедшего после известкования.

1. Одноразовое известкование относительно мелких (1 т га^{-1} и 2 т га^{-1}) норм ($\varnothing 0,1-2,0 \text{ мм}$ $\varnothing 2,0-5,0 \text{ мм}$, $\varnothing 5-10 \text{ мм}$) различных фракций Kalktrašė Hum в кислеющей почве (за 4 месяца) не имело существенного влияния на показатели их кислотности – pH , подвижного алюминия, гидролизную кислотность, однако была установлена тенденция увеличения обменного кальция и магния. Микробиологическая активность в начале вегетации в известкованной почве была вдвое больше по сравнению с не известкованной. Известкование повлияло на уменьшение количества микроскопических грибов. Соотношение фракций Kalktrašė Hum на изменение химических и микробиологических свойств влияния не имела.

Наибольший урожай зерен ячменя ($5,35 \text{ т га}^{-1}$) был получен после известкования Kalktrašė Hum (норма 2 т га^{-1}) смесью удобрений различных фракций ($50 \% 0,1-2,0 \text{ мм} + 50 \% 2,0-5,0 \text{ мм}$) или он был на $+0,87 \text{ т га}^{-1}$ больше, чем в не известкованной почве и лишь незначительно больше, ($0,1 \text{ т га}^{-1}$), чем в почве, известкованной самой крупной фракцией ($\varnothing 5-10 \text{ мм}$).

2. Одноразовое известкование в относительно крупных нормах ($4,5 \text{ т га}^{-1}$ и $9,0 \text{ т га}^{-1}$) Kalktrašės V действенным для показателей очень кислой почвы (pH и подвижный алюминий, гидролизная кислотность, обменный кальций и магний) остается спустя 4 года после известкования. Почва еще нейтрализована до $\text{pH } 4,6-4,8$ и имеет количество не токсичного для растений подвижного алюминия ($13,0 - 15,6 \text{ мг кг}^{-1}$).

3. Ежегодное известкования кислеющей почвы в относительно небольших нормах Kalktrašės Hum ($0,5$ и 1 т га^{-1}) в звене севооборота (ячмень с подсевом \rightarrow многолетние травы I п.п.) на показатели кислотности почвы pH и подвижный алюминий существенного влияния не оказали, однако установлена тенденция увеличения количества обменного кальция и магния, и уменьшения гидролизной кислотности по сравнению с не известкованной почвой. Микробиологическая активность почвы в начале вегетации наибольшей была в почве, известкованной нормой (1 т га^{-1}) по сравнению с не известкованной. Известкование оказало влияние на уменьшение количества микроскопических грибов.

Наибольший урожай сухих веществ многолетних трав ($3,85 \text{ т га}^{-1}$) и красного клевера в нем ($48,4 \%$) был получен в почве, известкованной в норме Kalktrašė Hum 1 т га^{-1} по сравнению с не известкованной.

5. Смесей Kalktrašė Hum состоят из различных фракций и разбрасывателями центробежного типа распределяются неравномерно. Вблизи разбрасывателя (до 4 м) высыпается около 80% мелких ($\varnothing 0,1 - 2,0 \text{ мм}$), а дальше от него (до 15 м) – более адекватное количество гранул крупной фракции. Такое известкование оказывает непосредственное влияние «пестроты» почвы относительно кислотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bednarek W., Reszka R. Influence of liming and mineral fertilization on the content of mineral nitrogen in soil. *Journal Elementol.* 2008, Vol. 13 (3), p. 301-308.
2. Dirsė A., Kusta A., Stanislovaitytė A. Žemės ūkio kultūrų drėkinimo režimas. -V., 1984, p. 72-84.
3. Donald M. Field trials for the treatments of potassium silicate based drilling waste using calcium humate. AADE-10-DF-110-21. American association of drilling engineers. 2010, p. 58-96
4. Hao Q., Liang Y., Liu E. Effect of humic acid and compound fertilizer on maize yield and soil fertility. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2012, p. 12-19
5. Karlik B. Liming effect on dissolved organic matter leaching. *Water, air and soil pollution*, Vol. 85, issue 2, p. 949-954
6. Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J. Soil health in agriculture systems. *Philosophical transactions of the Royal society.* 2008, Vol. 36 (3), p. 685-701
7. Lalonde R., Gagnon B., Royer I. Impact of natural and industrial liming materials on soil properties and microbial activity // *Canadian journal of soil science*, 2009, Vol. 89 (2), P. 209-222.
8. Lošak T., Čermak P., Hlušek J. *Archives of agronomy and soil science.* 2012, Vol. 58, p. 5238-5242.
9. Mažvila J. Lietuvos dirvožemių rūgštumas (pH) ir jo kaita // *Agroekosistemų komponentų valdymas. Ilgalaikių agrocheminių tyrimų rezultatai, monografija, Akademija*, 2010, p. 77 - 85.
10. Mažvila J., Vaišvila Z., Staugaitis G. Dirvožemio agrocheminių savybių įtaka žemės ūkio augalų derlingumui. *Lietuvos žemės našumas*, 2011, p. 124-128.
11. Nacionalinė 2007-2013 metų Kaimo plėtros strategija, 2007: prieiga internetinė [www.zum.lt/min/failai/2006-08-17_strategija](http://www.zum.lt/min/failai/2006-08-17_strategija.pdf) pdf
12. Ossom E.M., Rhykerd R.L. Effects of lime on soil and tuber chemical properties and yield of sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] in Swaziland // *American – Eurasian Journal of Agronomy.* 2008, Vol. 1 (1), P. 1 - 5.
13. Otabbong E., Siman G., Karlik B., Influence of liming on the susceptibility of leaching of some elements in two incubated Polish soils. 1993. *Acta agriculture scandinavica*, section B, Vol. 43, issue 3 P. 13-21.
14. Pagani A., Mallarino A.P. Soil pH and crop grain yield s as affected by the source and rate of lime. *Soil science society of America journal.* 2012, vol. 76, No.5, p. 1877-1886
15. Pecio I.J. Basic problems in Agriculture. Elimination of agricultural risk to health and environment, 2004, *Agrorisks*, p. 24-36.
16. Pierce E., Warncke D. Soil and crop response to variable rate liming to Michigan fields // *Soil Science Society of America*, 2000, Vol. 64. P. 774-780
17. Scott B., Conyers M., Poile G., Cullis B. Reacidification and reliming effects on soil properties and wheat yield. *Australian Journal of experimental agriculture*, 1999, Vol. 37 (7), P. 85 - 93.
18. Szymanska M., Korc M., Lebetowicz J. Effects of single liming of sandy soils not limed for more than 40 years in the light of results of long-term fertilizing experiment. *Polish Journal of soil science*, Vol XLI/1, 2008, P. 105 - 114.
19. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominių tyrimų duomenų statistinė analizė taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. - *Akademija*, 2003. -57 p.
20. Upjohn B., Fenton G., Conyers M. *Soil acidity and liming* 3rd edition , 2005, 24p.

21. Vacha R., Podlesakova E., Nemecek J. Immobilisation of As, Cd, Pb and Zn in agricultural soils by the use of organic and inorganic additives . Rostlinna vyroba, 2002, vol. 48 (8), p. 333-342
22. Varallyay G., Soil quality in relation to the concepts of multifunctionality and sustainable development. Environmental security. 2000, vol. 69, p.17-38
23. Wang Y. Study on synergetic effect of humic acid on chemical fertilizers. Journal of Sinaxi Agricultural Sciences, 2007, p. 2-14

*Переводчик Стасюнене Вилма, п.к. 47010210096, предупреждена об ответственности за заведомо неправильный перевод по статье 235 Уголовного Кодекса Литовской Республики.
Перевод выполнил переводчик бюро переводов "ABC" Стасюнене Вилма*