

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 № 2/2012-04-16**

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВЕННОСТИ ИЗВЕСТКОВОГО ТУКА („KALKTRAŠĖ“) В  
КИСЛЫХ ПОЧВАХ ЗАПАДНОЙ ЛИТВЫ**

**Отчет  
по результатам полевых и лабораторных исследований (2012 год)**

**2012 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](mailto: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 Karčiauskienė)**  
ул. Гаргжду, 29, Вежайчяй, Клайпедский район, тел. 846558233, эл. почта: [danuteo@vezaiciai.lzi.lt](mailto:danuteo@vezaiciai.lzi.lt)

**д-р. Регина Ряпшене**

**Исполнители исследований, подготовители отчета**

**д-р. Регина Ряпшене  
д-р. Дануте Карчаускене**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	5
<b>2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	6
2.1. Место и объект исследования.....	6
2.2. Условия и методы исследования.....	6
2.3. Методы исследования.....	9
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	9
3.1. Влажность почвы в период вегетации растений.....	9
3.2. Изменение подвижного фосфора и калия на почву.....	10
3.3. Влияние „Kalktrąšė“ на рН <sub>KCl</sub> почвы, подвижный алюминий и гидролизную кислотность.....	10
3.4. Влияние „Kalktrąšė“ на обменный кальций и магний.....	13
3.5. Влияние „Kalktrąšė“ на урожай красного клевера.....	14
<b>ВЫВОД</b> .....	14
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	16

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение кислотности почвы – это одна из форм ее химической деградации, связанная с увеличением концентрации ионов водорода и алюминия в растворе почвы из-за загрязнения почвы, вымывания натурального кальция при обильных осадках, при использовании кислых удобрений и из-за того, что они уходят вместе с собранным урожаем. Процесс окисления особенно выражен в Западной Европе, поскольку почва в данном регионе отличается от других тем, что ее карбонатный слой находится на глубине более 1,5–3 м, а подпочва из-за интенсивного вымывания перед известкованием была более или менее кислой. Такие почвы содержат большое количество вредного подвижного алюминия, токсичность которого часто бывает связана с большой концентрацией в тканях растений Fe и Mn и маленькой концентрацией Ca и Mg. Почвы, pH которых 5,5 называются условно кислыми и подходят для многих растений, поскольку они не содержат вредного для растений подвижного алюминия. Для того, чтобы уровень pH оставался таким же или более высоким, пахотный слой необходимо известковать. Известно, что длительность воздействия средств для известкования на улучшение показателей кислотности особо зависит от химической активности средства для известкования, размера частиц, способа внесения, времени и количества извести. Кроме того, использование средств для известкования в агроэкосистеме продлевает их взаимодействие со средствами, тормозящими вымывание двухвалентных катионов (Ca и Mg) – органическими удобрениями, покрывающими растения, многолетними травами или возделыванием земли без вспахивания. Основываясь на многолетних исследованиях, проведенных в Вежайчяйском филиале, было установлено, что одноразовое известкование почвы полными нормами известняковой (доломитовой муки) известняковой (доломитовой муки) наибольшее нейтрализующее действие оказывает в первые годы после известкования, а эффективным остается на протяжении более двух десятков лет, когда нейтрализующее действие грубой известняковой (доломитовой муки) длится медленнее и дольше. Пока нет научно обоснованного ответа на вопрос о том, какова длительность нейтрализующего действия средства для известкования почвы „Kalktrašė“, производимого в Литве, на показатели кислотности почвы и продуктивность растений.

**Цель работы** – оценить эффективность гранулированного средства „Kalktrašė“ на почву и урожай красного клевера (многолетних трав), выращиваемых в звене севооборота: летний ячмень – зимний ячмень – красный клевер (многолетние травы).

### **Задачи работы:**

1. Оценить влияние гранулированных средств для известкования на химические свойства почвы спустя три года после известкования;
2. Установить влияние гранулированных средств для известкования на урожай сухого вещества красного клевера;
3. Научно доказать действенность гранулированного вещества „Kalktrašė“, если оно используется в качестве основного известкования.

### **Данные исследований в отчете:**

В отчете описано влияние средств для известкования почвы на динамику ее химических свойств. Данные изменения реакции почвы предоставлены на рис (3, 5, 5, 6, 7) с начала исследования и спустя три года (2009–2012 г.) после него. Также, при оценке эффективности средств для известкования на показатели кислотности вспахиваемого слоя, необходимо подчеркнуть то, что почва для растений, растущих в звене севооборота (для летнего и зимнего ячменя, многолетних трав) не вспахивалась, средства для известкования были внесены в верхний слой почвы (0–15 см).

Урожай растений, выращиваемых в звене севооборота, предоставлен в отчете за 2012 год. Урожай других растений – летнего и зимнего ячменя предоставлен в промежуточных отчетах за 2010 и 2011 г.

## 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В последнее время уровень  $pH_{KCl}$  в стране снижается. После интенсивного и систематического известкования 1964–1994 годов данный уровень оценивается несколько иначе, чем до известкования, когда  $pH_{KCl}$  почвы было 5,0 и меньше, а чувствительные к кислотности почвы растения, например: красный клевер, пшеница, ячмень всходили плохо. Сейчас в почве, которая становится кислой, и в почве, достигшей похожее значение  $pH_{KCl}$ , не чувствуется большого вредного влияния и в таких почвах пока выращивается неплохой урожай. На это повлияло проведенное ранее известкование по сравнению в крупных нормах  $CaCO_3$  (в Западной Литве – даже 6 - 15 т га<sup>-1</sup>). Такое известкование не только увеличило уровень  $pH_{KCl}$ , но и значительно уменьшило количество подвижного алюминия, а спустя несколько десятилетий изменило показатели  $pH_{KCl}$  и агрохимические показатели подпочвы (Mažvila, 2010). В Западной Литве после раннего известкования количество интенсивного подвижного алюминия составляло всего лишь 0,42 - 1,76 мг экв. кг<sup>-1</sup>. Данное количество подвижного алюминия не является токсичным для растений, однако из-за постоянного вымывания обменных катионов в более глубокие слои, влияние физиологически кислых удобрений подвижного алюминия становится все более быстрой. Поэтому, во избежание наибольшего окисления почвы и восстановления подвижного алюминия, уже сейчас кислые почвы ( $pH_{KCl}$  до 5,0) необходимо известковать хотя бы в маленьких нормах извести (2 - 4 т га<sup>-1</sup>) (Mažvila, 2010; Scott et al., 1999). Необходимость известкования становится еще более актуальной, когда известно, что основным фактором, ограничивающим урожайность в кислой почве, является недоступный для растений фосфор. Средства для известкования увеличивают количество доступного для растений и активного фосфора в почве (Szymanska et al, 2008). Электропроводность и фиксация азота в известкованной почве более интенсивные (Moreira, Fageria, 2010).

По результатам исследований американских ученых было установлено, что для улучшения кислой почвы особенно эффективна доломитная (известняковая) мука, рассыпанная каждые 3–4 года на площадь 1 – 2 г га<sup>-1</sup> (Ossom, Rhykerd, 2008). В продолжительных исследованиях по известкованию в средних широтах было установлено, что урожай растений и количество органического вещества в зависимости от размера частиц известкования, по сути, увеличивается только тогда, когда известкование является непрерывным продолжительным процессом. Целью такого известкования является поддержание  $pH_{H_2O}$  почвы около 6,0 (Haynes, Naidu, 1998).

Эффективность известкования зависит от размера частиц средства для известкования. Нейтрализующее влияние средств для известкования в зависимости от размера частиц средств для известкования, дифференцируется следующим образом: когда размер частиц < 0,3 мм (эффективность нейтрализующего влияния 100%), когда размер частиц от 0,3 до 0,85 мм (эффективность нейтрализующего влияния 60%), а когда внесенные частицы > 0,85 мм (эффективность нейтрализующего влияния 0,1%) (Stone et. al., 1998). Средства для известкования по размеру разделяются на порошкообразные, гранулированные и крошкообразные удобрения. Это одинаковые средства для известкования различной формы, но имеющие разное нейтрализующее действие (гранулированные средства для известкования занимают промежуточное место между порошкообразными и крошкообразными). Наибыстрейшим действием обладают порошкообразные удобрения, только их распределение сложнее, чем распределение гранулированных удобрений, поскольку для этого необходима специальная техника. Гранулированные средства для

известкования дольше реагируют с почвой по сравнению с порошкообразными, поэтому их необходимо вносить за два месяца до внесения других удобрений (Ossom and Rhykerd, 2008).

В странах Европы для поддерживающего ежегодного известкования почвы используются гранулированные средства для известкования (Pierce, Warncke, 2000). В Чехии для основного известкования в качестве гранулированных средств для известкования (10 т га<sup>-1</sup> один раз в 7 лет) используется продукт „Fertdolomite“ – 4 % CaO+ 16 % MgO; 3 % N; 2,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; и 3,0 % K<sub>2</sub>O (Kovacevic et al., 2010). В Канаде для поддерживающего известкования почвы используется (500 kg ha<sup>-1</sup>) гранулированная известь „Calcipril“ – CaO 51 % или „Magpril“ – CaO 46 % и MgO 15 % (Lalande et al., 2009). Размер средства для известкования в первую очередь оказывает решающее влияние на скорость нейтрализации реакции в почве и количество извести наиболее эффективно и быстро из-за большой площади поверхности и наилучшего контакта с почвой кислую почву нейтрализует мелкая гранулированная известь (Murdock, 2009). Другие исследователи подчеркивают, что эффективность известкования больше всего зависит от pH почвы (Valzano и пр., 2010). По утверждению данных авторов, на улучшение урожая и свойства почвы особенно повлияла смесь извести 2,5 т га<sup>-1</sup> и гипса 1 т га<sup>-1</sup> (возделыванием земли без вспахивания).

## 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. МЕСТО И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Место исследования:** исследование проведено в 200-2012 г. 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 2-4 мм) „Kalktrašė“, химический состав которой: CaO – 36,50 % MgO – 2,70 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,90 %; K<sub>2</sub>O – 3,30 %; SO<sub>3</sub> – 3,90 %.

### 2.2. Условия исследования

**Условия исследования.** Исследование начато в 2009 году. Исследуемая почва – небогатые альбелювисоли (*Dystric Albeluvisols* (JIn)). Гранулометрический состав – моренный суглинок. Почва очень кислая (pH<sub>KCl</sub> 4,42 ± 0,03), имеющая большое количество токсичного для растений подвижного алюминия (42,3 ± 2,76 мг кг<sup>-1</sup>). Исследование проводится в звене севооборота: летний ячмень - зимняя пшеница - многолетние травы (2012 г.) Для известкования использовалась известь двух различных фракций гранулированного средства для известкования „Kalktrašė“, размер гранул которого 0,01 – 2,0 мм (мелкая фракция), и 2,0–4,0 мм (крупная фракция). Норма известкования – 0,5 и 1,0 согласно гидролизной кислотности почвы. С нормой 0,5 извести было внесено чистого CaCO<sub>3</sub> 3,5 т га<sup>-1</sup>, физический вес извести – 9,0 т га<sup>-1</sup>.

Известь внесена осенью 2009 г. и обработана на глубине 7–11 см. Весной, 2010 г. при помощи герминатора были внесены минеральные удобрения, посеян летний ячмень. После снятия урожая летнего ячменя был посеян зимний ячмень. Весной (2011 г.) после обновления вегетации зимнего ячменя к нему был подсеян красный клевер. В 2012 г. рос красный клевер. Для всех растений, которые росли в севообороте, было проведено фоновое минеральное удобрение на основании физиологических нужд растений. Пробы почвы брались на анализ дважды в год: весной и осенью, каждые полгода.

**Почва.** Исследования проводились в средне окультуренной почве – в небогатом альбелювисоле. Толщина пахотного слоя почвы 20-28 см, почва пылевидная - комковатая, легкий и средний суглинок (фракция < 0,002 мм составляет 14-15%). Устойчивые агрегаты

составляют лишь 48-51% от общего количества агрегатов. Такая почва не гарантирует хороших условий аэрации и влаги для растений. При экстремальных природных условиях (ливни или засуха), почва становится вязкой или уплотненной, на поверхности почвы образуется корка, что осложняет аэрационные условия для почвы и обогащение корней растений кислородом.

Химическая характеристика почвы перед началом исследования предоставлена в таблице 1.

**Таблица 1.** Химическая характеристика почвы до начала исследования (2009 г.)

Агрохимический показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Коэффициент вариации (V %)
Подвижный P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг кг <sup>-1</sup>	139 ± 3,50	3,57
Подвижный K <sub>2</sub> O, mg kg <sup>-1</sup>	204 ± 4,0	2,77
Суммарный N, %	0,14 ± 0,001	0,10
Organinè C %	1,29 ± 0,04	4,39
pH <sub>KCl</sub>	4,46 ± 0,02	1,19
Подвижный Al, мг кг <sup>-1</sup>	63,87 ± 4,41	21,81
Гидролизная кислотность, мг экв. кг <sup>-1</sup>	59,6 ± 1,18	6,25
Обменный Ca, мг кг <sup>-1</sup>	654 ± 37,5	18,15
Обменный Mg, мг кг <sup>-1</sup>	160 ± 2,75	5,44

Примечание.

$\bar{x}$  – среднее арифметическое;

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

Содержание фосфора в исследуемой почве среднее (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>– 139 ± 3,50 мг кг<sup>-1</sup>), калия – большое (204 ± 4,0 мг кг<sup>-1</sup>), азота – среднее (суммарное N – 0,14 ± 0,001 %), имеющее среднее количество органического угля 1,29 %, мало обменного кальция Ca – 654 ± 37,5 мг кг<sup>-1</sup> и обменного Mg – 160 ± 2,75 мг кг<sup>-1</sup> (таблица 1). Почва очень кислая (pH<sub>KCl</sub> 4,46 ± 0,02) содержит большое количество токсичного для растений подвижного алюминия Al (63,87 ± 4,41 мг кг<sup>-1</sup>) и гидролизной кислотности (59,6 ± 1,18 мг экв. кг<sup>-1</sup>). По данным химическим свойствам почва гетерогенная, поскольку коэффициент вариации колеблется в широком интервале от 0,10 до 21,81.

**Агроклиматические условия.** Средняя температура воздуха в сентябре и октябре 2011 г. была близка к многогодовым нормам (таблица 2). Осадков было несколько больше средней многолетней нормы – в сентябре - 116% нормы, в октябре – 123% нормы. В ноябре выпало 47,7 мм осадков (половина нормы), а средняя температура воздуха была 4,7°С (на 1,8°С выше нормы). Период вегетации растений закончился 15 ноября. В декабре преобладала нехолодная осенняя погода. В декабре средняя температура воздуха была 2,3°С (1,5°С выше средней многолетней). За месяц выпало 219,8 мм осадков (в 2,6 раза больше нормы).

До середины января 2012 г. стояла теплая погода, температура воздуха поднималась до +4,7°С. Позже температура воздуха начала постепенно снижаться. Особенно холодно было в конце января, когда самая низкая температура воздуха упала до -13 °С. Средняя месячная температура воздуха была – 1,61 °С (на 1,4° выше нормы). Холодная зимняя погода, начавшаяся в конце января, продолжалась до конца второй декады февраля. В конце второй декады февраля пришло потепление, началась оттепель. Средняя температура воздуха в

феврале была  $-7,79^{\circ}\text{C}$  (на  $4,79^{\circ}$  ниже нормы). За месяц осадков выпало 83,8 мм (179% нормы).

**Таблица 2.** Метеорологические данные простой климатической станции г. Вежайчяй, 2011–2012 гг.

Месяцы	Средняя температура воздуха $^{\circ}\text{C}$					Осадки, мм			Suma per mēn.	Ср. Многолетн яя норма осадков 1947-2010 г.
	Декады			Средня я мес.п.	Средня многолетняя темп. воздуха 1947-2010 г.	Декады				
	I	II	III			I	II	III		
<b>2011 год</b>										
Сентябрь	13,8	13,6	12,6	<b>13,3</b>	12,4	50,1	52,9	6,2	<b>109,2</b>	94,1
Октябрь	11,6	7,0	6,8	<b>8,5</b>	7,8	45,1	56,9	11,2	<b>117,2</b>	95,6
Ноябрь	5,3	3,7	5,2	<b>4,7</b>	2,9	0,0	10,0	37,7	<b>47,7</b>	91,4
Декабрь	2,8	2,7	1,4	<b>2,3</b>	-0,8	107,7	82,8	29,3	<b>219,8</b>	82,8
<b>2012 год</b>										
Январь	1,74	0,68	-7,05	<b>-1,61</b>	-3,0	45,8	47,3	11,9	<b>105,0</b>	66,8
Февраль	-16,8	-6,35	0,6	<b>-7,8</b>	-3,0	9,5	34,8	39,5	<b>83,8</b>	46,7
Март	-1,1	2,1	3,9	<b>1,7</b>	-0,2	7,3	7,7	5,3	<b>20,3</b>	46,9
Апрель	1,3	6,7	11,6	<b>6,5</b>	5,7	18,5	1,7	7,9	<b>28,1</b>	41,3
Март	10,5	11,0	14,5	<b>12,1</b>	11,2	10,4	22,2	7,0	<b>39,6</b>	44,3
Июнь	11,7	15,3	14,8	<b>14,0</b>	14,8	14,3	13,1	50,3	<b>77,7</b>	63,6
Июль	19,3	15,6	19,3	<b>18,1</b>	17,0	20,5	37,7	7,0	<b>65,2</b>	90,4
Август	17,7	16,0	15,0	<b>16,2</b>	16,5	59,8	0,8	21,2	<b>81,8</b>	95,1

Температура воздуха в марте была очень переменчива. Средняя температура воздуха была  $1,7^{\circ}\text{C}$  (на  $1,9^{\circ}\text{C}$  выше многолетней средней температуры). Осадков выпало 20,3 мм или это составило 43% нормы.

Температура воздуха в апреле 2012 г. была контрастной. Средняя температура воздуха в апреле была  $6,5^{\circ}\text{C}$  (на  $1,4^{\circ}\text{C}$  выше средней многолетней). Наибольшая часть осадков выпала в первой декаде, позже преобладала теплая погода. За месяц выпало лишь 28,1 мм или 68% нормы. 24 апреля началась активная вегетация растений, что соответствует средним многолетним показателям.

Погода в мае была переменчивой, теплую погоду сменяли резкие похолодания. Средняя месячная температура была  $12,1^{\circ}\text{C}$  (на  $0,8^{\circ}$  выше средней многолетней). За месяц выпало 39,6 мм осадков или 89% нормы.

Июнь был средне теплым, а осадки распределились неравномерно. Средняя месячная температура была  $14,0^{\circ}\text{C}$  (на  $0,8^{\circ}$  выше средней многолетней). Осадков выпало 77,7 мм, половина из них выпала за два дня (25 и 26 июня).

Температура воздуха в июле была переменчивой, прохладную погоду сменяла теплая. Осадков выпало 65,2 мм (65,2 % нормы), а большая их часть (58,2 мм) выпала в первой и второй декадах. Условия для роста клевера были благоприятными.

В начале августа преобладала более теплая, а позже средне теплая погода. Осадков за месяц выпало 81,8 мм (86% нормы), а наибольшая их часть выпала в первой декаде.

### Схема исследований

1. Не известковано;
2. Известковано гранулированной смесью „Kalktrąšë“ ( $\varnothing$  0,01 - 2,0 мм), норма извести 0,5 согласно гидролизной кислотности почвы ( $4,5 \text{ т га}^{-1}$ );
3. Известковано гранулированной смесью „Kalktrąšë“ ( $\varnothing$  0,01 - 2,0 мм), норма извести 1,0 согласно гидролизной кислотности почвы ( $9 \text{ т га}^{-1}$ );
4. Известковано гранулированной смесью „Kalktrąšë“ ( $\varnothing$  2,0 - 4,0 мм 0,5 нормы извести согласно гидролизной кислотности почвы ( $4,5 \text{ т га}^{-1}$ );
5. Известковано гранулированной смесью „Kalktrąšë“ ( $\varnothing$  2,0 - 4,0 мм), норма извести 1,0 согласно гидролизной кислотности почвы ( $9 \text{ т га}^{-1}$ ).

Выращиваемый красный клевер ‘Nike’. Красный клевер рос после зимней пшеницы. Весной перед обновлением вегетации клевера удобрялось  $P_{60}K_{60}$ . Использовались минеральные удобрения: гранулированный суперфосфат и хлорид калия.

**Параметры полевого исследования.** Делянки расположены рендомизированно, по четыре повторения (рис. 1). Размер начальной делянки –  $36 \text{ м}^2$ , учетной делянки –  $16,8 \text{ м}^2$ .

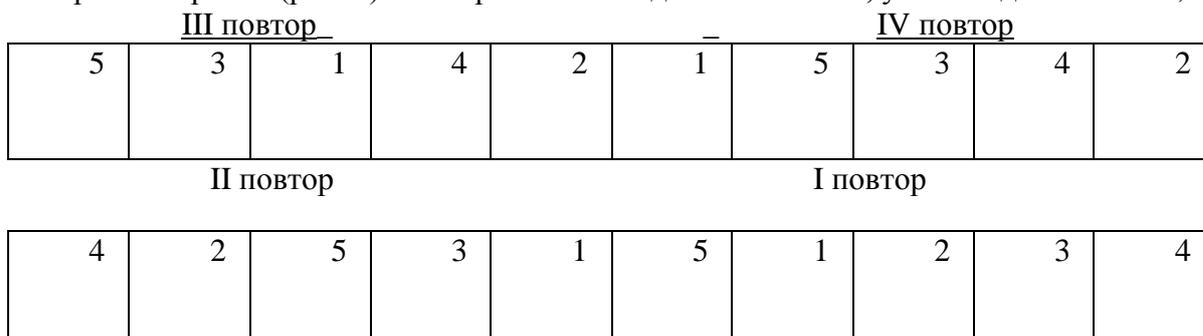


Рис. 1 План полевых испытаний

### График выполненных работ и стадии роста и развития клевера:

1. 10.04.2012 г. – взяты пробы на химический анализ почвы;
2. 11.01.2012 г. – Многолетние травы удобрены удобрениями фосфора и калия ( $P_{60}K_{60}$ );
3. 30.04.2012 г. – клевер в стадии розетки;
4. 08.05.2012 – отсечение делянок;
5. 14.05.2012 г – клевер в стадии ветвления;
6. 22.05.2012 г. – клевер в стадии бутонизации;
7. 2012.06.04 г. – бутоны клевера начинают краснеть;
8. 2012.06.11 г. – начало цветения клевера;
9. 2012.06.14 г. – первая жатва клевера;
10. 2012.06.25 г. – клевер начинает отрастать;
11. 2012.07.16 г. – начало цветения отавы;
12. 2012.07.26 г. – вторая жатва клевера;
13. 2012.08.21 г. – взяты пробы почвы на химический анализ;
14. 2012.10.22.г. – клевер готов к зимовке (скошена и вывезена трава);
15. В течение всей вегетации клевера пробы на установление влаги брались каждые 7 дней.

### 2.3. Методы исследования

Исследования проведены методом точных полевых и лабораторных исследований.

Взятие проб почвы на испытуемом поле. В исследовании из пахотного слоя каждой делянки толщиной 0–20 см из не менее чем 10 мест берутся пробы на химический анализ. Первый раз анализы брались перед внесением извести в 2009 г. Во второй раз пробы почвы были взяты весной 2010 г. перед посевом ячменя, т.е. спустя полгода после известкования. В третий раз – после снятия урожая ячменя, т.е. спустя год после известкования. В четвертый раз – в 2011 г. после обновления вегетации ячменя, т.е. спустя полтора года после известкования. В пятый раз – осенью после снятия урожая зимней пшеницы, т.е. спустя два года после известкования. В шестой раз – весной 2012 г. после обновления вегетации красного клевера, седьмой раз осенью – в конце вегетации клевера. Во всех взятых пробах был выполнен химический анализ почвы для оценки влияния извести.

В 2012 г. в период вегетации красного клевера (каждые 7–8 дней) были взяты пробы почвы (0–10 см и 10–20 см) на анализ влаги. Во время каждой жатвы из каждой делянки были взяты пробы травы для установления сухих веществ.

#### *Методы лабораторных исследований:*

pH<sub>KCl</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O - метод Egnerio-Rimo-Domingo;

Подвижный алюминий (Al) – метод Соколова;

Гидролизная кислотность – метод Капенна.

Обменный кальций и магний – метод Egnerio-Rimo-Domingo;

Суммарный (N) – метод Кьельдаля;

Сухое вещество – вес.

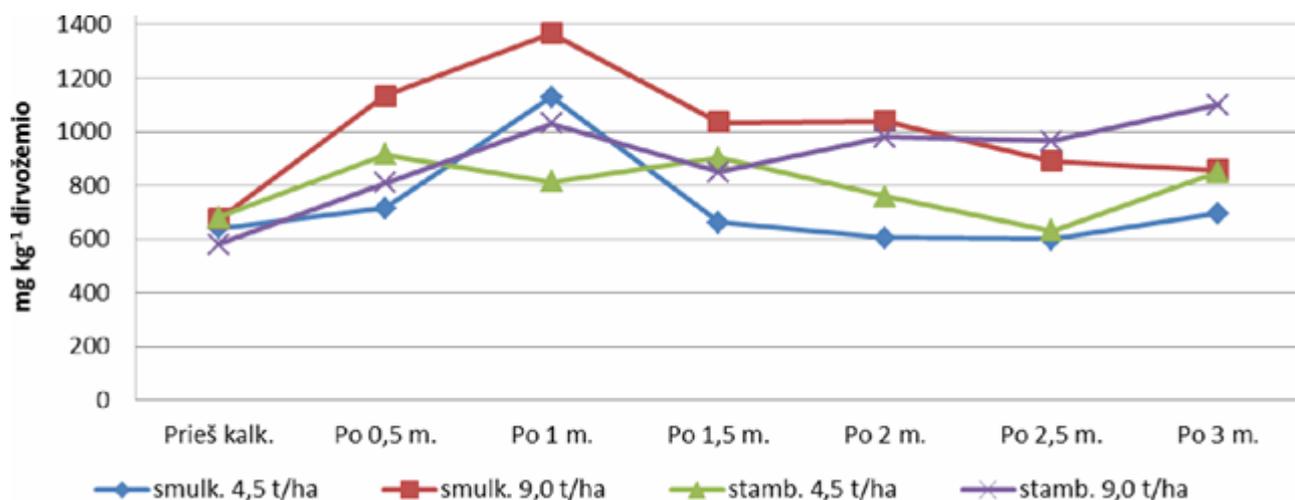
Химический анализ почвы выполнен при помощи стандартных методов в лаборатории агрохимических исследований Вежайчяйского филиала центра аграрных и лесных наук Литвы.

Для оценки статистических данных исследования использовался статистический пакет ANOVA (Тараканов, Райдонюс, 2003). Предел наименьшего существенного различия между вариантами R<sub>05</sub>

## 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 красного клевера влажность почвы в пахотном слое на глубине 0–10 см колебалась между 8,7 % и 21,3 % (Рис.2.)



**Рис. 1.** Влажность почвы в период вегетации красного клевера. Вежайчй, 2012 г.

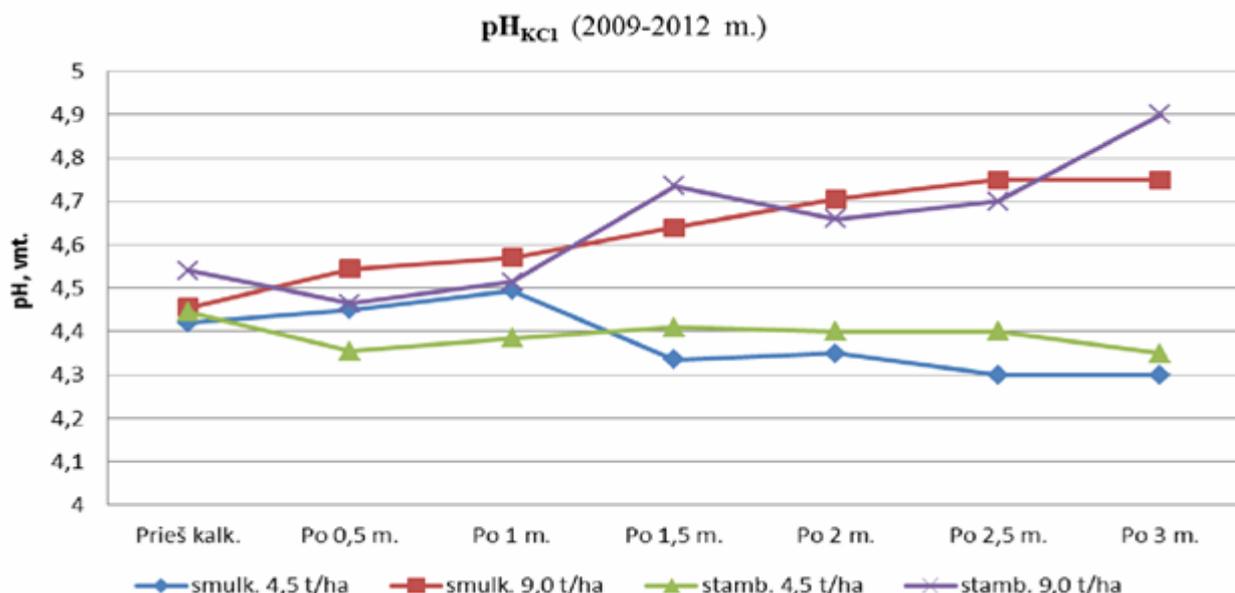
В период интенсивного роста красного клевера влаги было достаточно, на стадиях розетки и ветвления влажность почвы на глубине 0–20 см уменьшилась до 16,7–17,8 %. Красному клеверу больше всего влаги не хватало с середины мая, когда он находился на начальной стадии бутонизации и до начала цветения. Влажность почвы на глубине 0–20 см снизилась до 9,11 – 10,5 %, т. е. ниже оптимальной нормы. Однако такое снижение влажности почвы не имело отрицательного воздействия на первый урожай клевера. Относительно влажности почвы были благоприятные условия для роста отавы клевера и перехода средств для известкования в сорбирующий комплекс почвы. Влажность почвы на глубине 0–20 см была оптимальной 16,2–19,5 %. Данные об урожае клевера предоставлены в подотделе 3.5.

### 3.2. Изменение подвижного фосфора и калия в почве

Перед началом полевых исследований в содержание подвижного  $P_2O_5$   $139 \pm 3,50$  мг  $kg^{-1}$  и  $K_2O$   $204 \pm 4,0$  мг  $kg^{-1}$ . Выращивая летний ячмень, зимнюю пшеницу, красный клевер в севообороте на протяжении трех лет и удобряя их оптимальными нормами минерального удобрения, количество подвижного  $P_2O_5$  в почве увеличилось до  $233 \pm 72,03$  мг  $kg^{-1}$  или увеличилось от среднего содержания фосфора до наивысшего. Количество  $K_2O$   $212 \pm 6,29$  мг  $kg^{-1}$  в почве осталось похожим – почва с высоким содержанием калия.

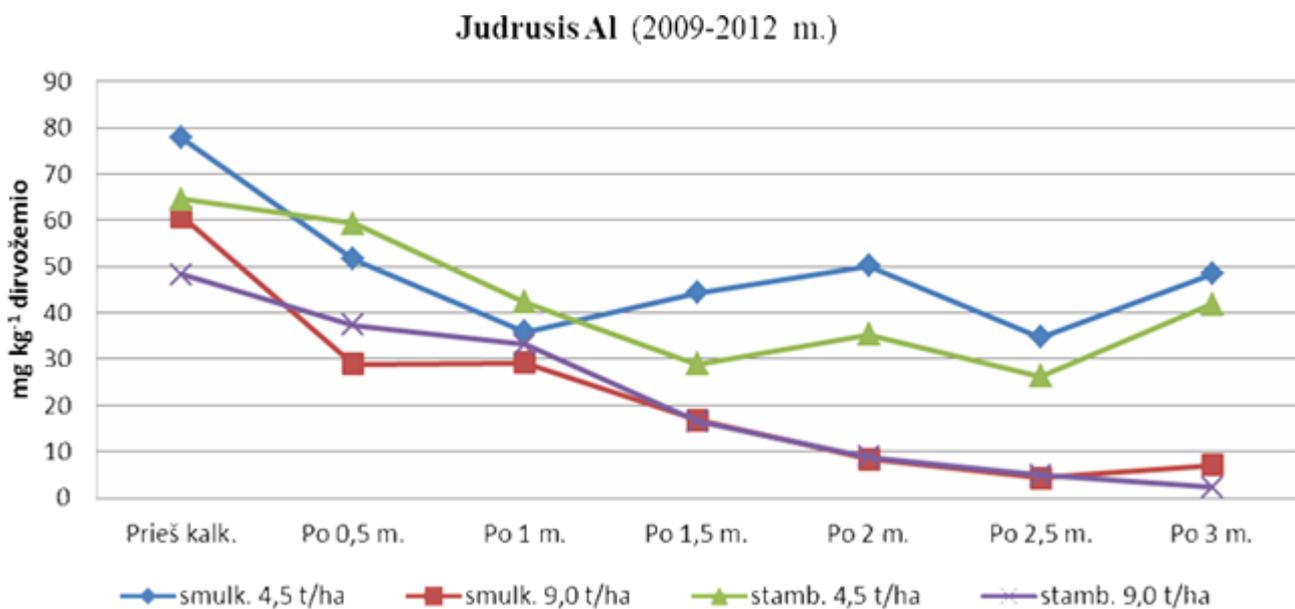
### 3.3. Влияние Kalktražė на $pH_{KCl}$ , подвижный алюминий и гидролизную кислотность почвы

Спустя полгода после внесения извести,  $pH_{KCl}$  увеличилось незначительно на 0,03–0,09 шт. (рис. 3). Спустя год после известкования увеличение  $pH_{KCl}$  было на 0,1 ед. в почве известкованной как известью мелкой фракции (норма 4,5 т  $га^{-1}$ ), так и крупной фракции (норма 9,0 т  $га^{-1}$ ). А спустя два года после известкования  $pH_{KCl}$  увеличилось от большой нормы извести как мелкой, так и крупной фракции, изменение  $pH_{KCl}$  от 4,5 до 4,7 ед. Спустя три года после использования извести обеих фракций в больших нормах  $pH_{KCl}$  увеличилось до 4,8–4,9 ед., от маленьких норм –  $pH_{KCl}$  оставалось без изменений (4,3–4,4).



**Рис. 3.** Влияние Kalktrašё на изменение рН<sub>KCl</sub>, Вежайчяй, 2009–2012 г.

Количество подвижного алюминия наиболее активно уменьшалось после внесения извести мелкой фракции как в меньшей, так и в крупной нормах (рис. 4). Спустя полгода после известкования в почве количество подвижного алюминия уменьшилось от 77,7 до 51,6 мг кг<sup>-1</sup> и от 60,7 до 28,9 мг кг<sup>-1</sup>. А спустя год после известкования было установлено уменьшение количества подвижного алюминия и от извести крупной фракции обеих норм. Через два года было установлено, что в почве известкованной крупной нормой извести (9 т га<sup>-1</sup>) как мелкой (0,01-2,0 мм), так и крупной фракции (2,0-4,0 мм), подвижный алюминий достиг невреда для растений количества 8,5 и 8,9 мг кг<sup>-1</sup>. После известкования в мелких нормах обеих фракций, остаются вредные для растений количества подвижного алюминия – 50,1 и 35,2 мг кг<sup>-1</sup>. Спустя три года от крупных норм извести количество подвижного алюминия уменьшилось до 2,3 – 7,0 мг кг<sup>-1</sup>, а от маленьких норм остаются на прежнем уровне – 48,3 ,8 мг кг<sup>-1</sup>



**Рис. 4.** Влияние Kalktrašё на изменение количества подвижного алюминия, Вежайчяй, 2009–2012 г.

Гидролизная кислотность уменьшилась почти также как и подвижный алюминий (рис. 5). Спустя два года после известкования в маленькой норме извести мелкой и крупной фракции, гидролизная кислотность уменьшилась от 59,4 - 62,4 м экв. кг<sup>-1</sup> до 48,3-52,5 м экв. кг<sup>-1</sup>. От использования большой нормы обеих фракций гидролизная кислотность еще более уменьшилась до 37,1 - 39,2 м экв. кг<sup>-1</sup>. Спустя три года после начала использования Kalktrašë в крупных нормах, количество гидролизной кислотности от извести мелкой фракции уменьшилось до 41,9 м экв. кг<sup>-1</sup>, а от более крупной до – 29,9 м экв. кг<sup>-1</sup>. Количество гидролизной кислотности от малой нормы мелкой фракции уменьшилось до 51,3 м экв. кг<sup>-1</sup>, от крупной – до 47,8 м экв. кг<sup>-1</sup>.

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.

#### Гидролизная кислотность (2009–2012 г.)

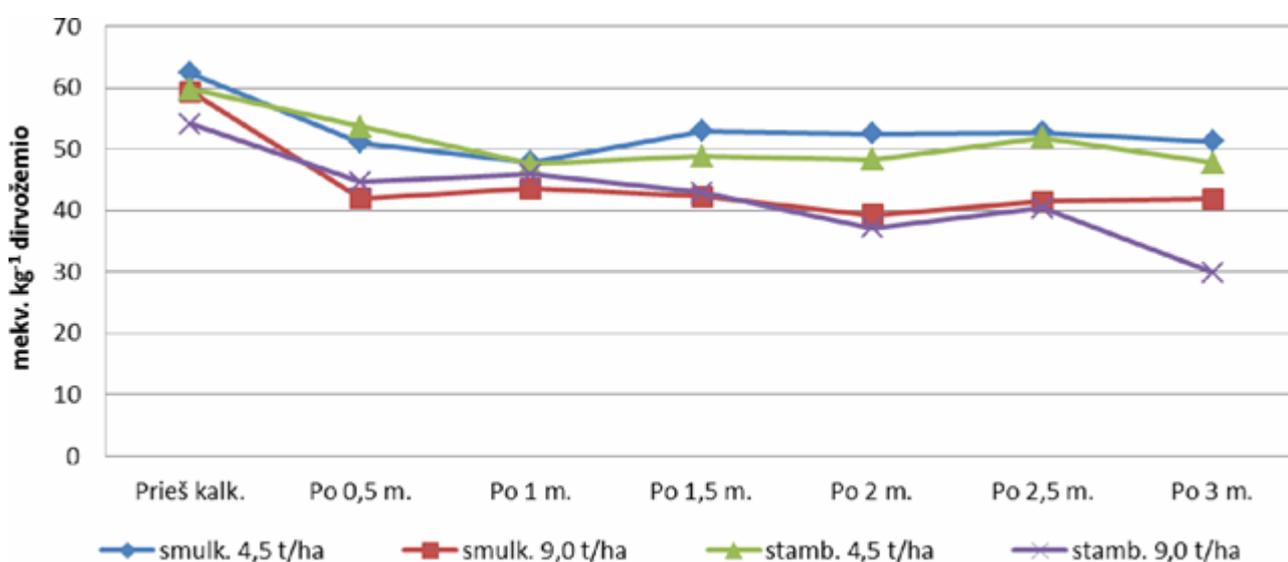
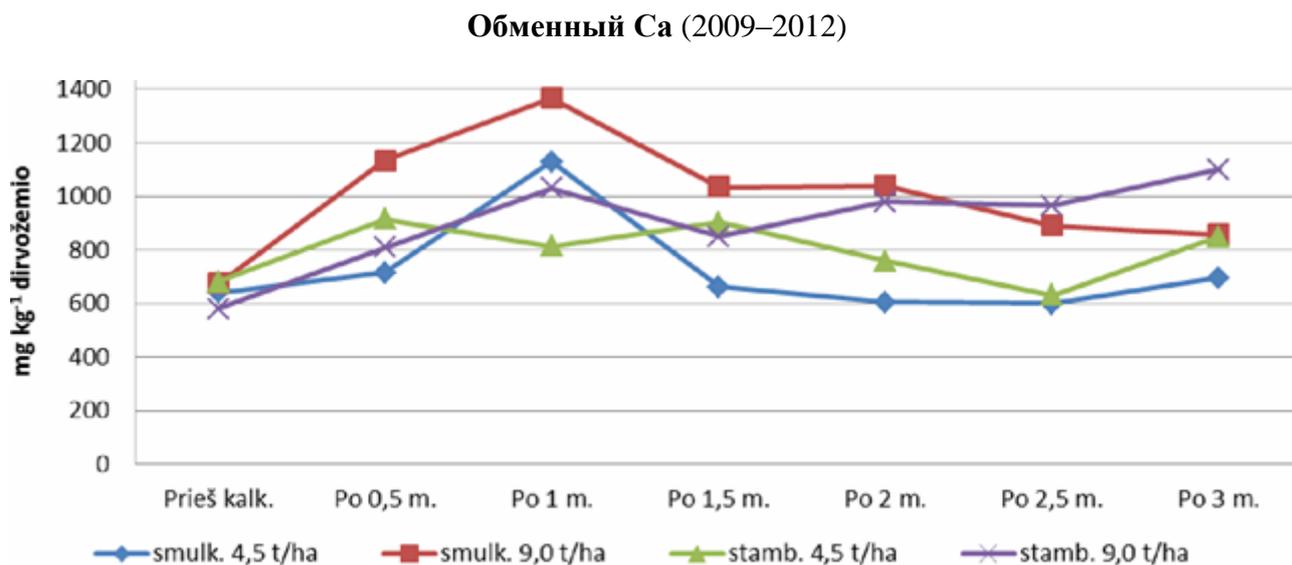


Рис. 5. Влияние Kalktrašë на изменение гидролизной кислотности, Вежайчяй, 2009–2012 г.

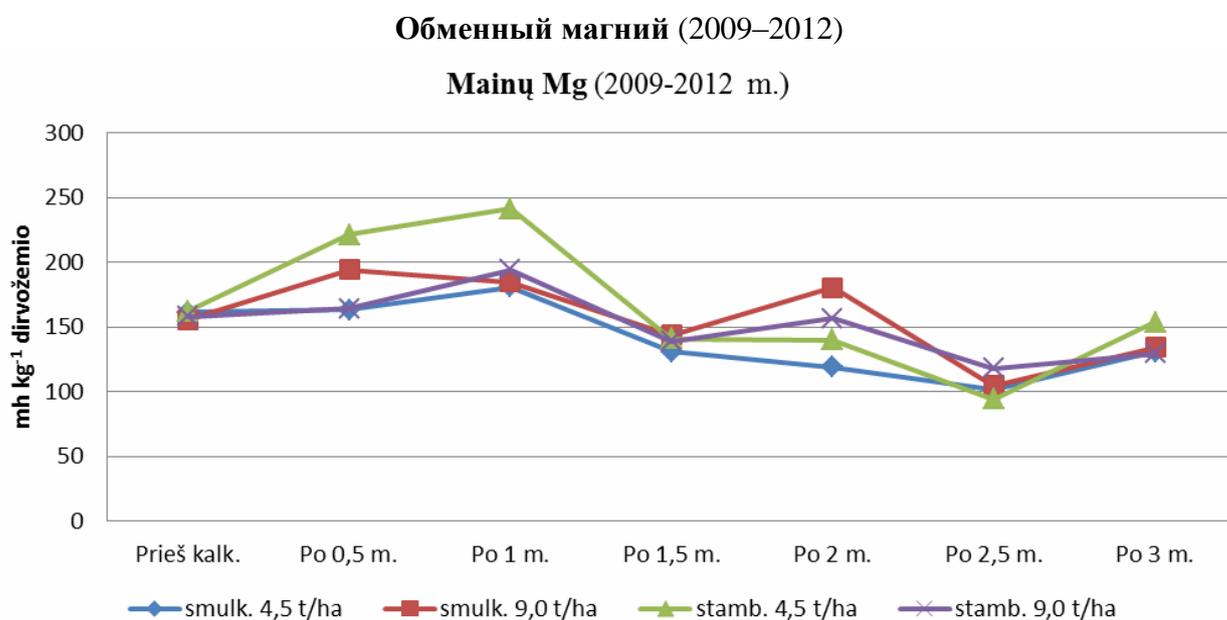
После известкования количество обменного кальция в почве увеличилось после внесения Kalktrašë мелкой фракции (9,0 т га<sup>-1</sup>) крупной нормы (Рис. 6). Спустя полгода после внесения Kalktrašë количество обменного кальция в почве увеличилось до 1133,5 мг кг<sup>-1</sup>, через год было установлено еще большее его количество 1367,5 мг кг<sup>-1</sup>. А через два года после известкования количество обменного кальция в почве стабилизировалось и наибольшее его количество (979,5-1039,5 мг кг<sup>-1</sup>) было установлено там, где были внесены наибольшие нормы обеих фракций.

Спустя три года количество обменного кальция в почве увеличилось (до 1101 мг кг<sup>-1</sup>) после внесения наибольшей нормы (9,0 т га<sup>-1</sup>) Kalktrašë крупной фракции, после внесения такой же нормы мелкой фракции обменного кальция в почве было установлено меньше – 857 мг кг<sup>-1</sup>. Похожие тенденции остаются при использовании меньшей нормы Kalktrašë (4,5 т га<sup>-1</sup>).



**Рис. 6** Влияние Kalkтраšė на изменение обменного кальция в почве, Вежайчяй, 2009–2012

Влияние Kalkтраšė было установлено и для обменного магния (рис. 7). 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<sup>-1</sup>) и фракций в почве количество обменного магния было похоже 131 – 154 мг кг<sup>-1</sup>.



**Рис. 7.** Влияние Kalkтраšė на изменение обменного магния в почве, Вежайчяй, 2009–2012

### 3.5. Влияние Kalkтраšė на урожай красного клевера

Культурные растения по-разному переносят кислотность почвы. В зависимости от кислотности почвы и чувствительности растений к кислой почве под влиянием средств для известкования урожай растений может увеличиться дважды или более (Legere et al., 1994). В известкованной почве различных фракций в обеих нормах известкования как во время первой, так и второй жатвы, урожай был больше по сравнению с не известкованной почвой (таблица 3). Во время второй жатвы выразилась тенденция, что после использования извести мелкой фракции урожай сухих веществ красного клевера был больше, по сравнению с фракцией более крупных средств для известкования.

**Таблица 3.** Влияние Kalktrąšė на урожай красного клевера, Вежайчяй, 2012 г.

Вариант	Урожай сухих веществ красного клевера, т га <sup>-1</sup>		
	I жатва	II жатва	Годовой урожай
1. Не известковано	2,44	1,08	3,52
2. Kalktrąšė 0,5 нормы (4,5 т га <sup>-1</sup> ) мелкая фракция	6,06**	3,63**	9,69**
3. Kalktrąšė 1,0 норма (9,0 т га <sup>-1</sup> ) мелкая фракция	5,73**	4 14**	9,87**
4. Kalktrąšė 0,5 норма (4,5 т га <sup>-1</sup> ) крупная фракция	5,24**	3,47**	8,71**
5. Kalktrąšė 1,0 норма (9,0 т га <sup>-1</sup> ) крупная фракция	6,08**	3,51**	9,59**
R05	1,262	0,394	0,902

Примечание \*\* – статистически надежно при уровне вероятности 99%.

Руководствуясь данными исследований в известкованной почве годовой урожай сухих веществ красного клевера по сравнению с не известкованной почвой был в 2,5–2,8 раза больше.

## ВЫВОД

После оценки изменений химических свойств натурального кислого моренного суглинка небогатых альбелювесолей, преобладающих в Западной Литве ( $pH_{KCl}$  4,42; обменный Ca 640 мг кг<sup>-1</sup>; гидролизная кислотность 62,4 м экв. кг<sup>-1</sup>; подвижный Al 77,7 мг кг<sup>-1</sup>) после внесения гранулированных средств для известкования различных фракций (мелкая Ø 0,01-2,0 мм и крупная Ø 2,0-4,0 мм) [норма известкования 0,5 и 1,0 в зависимости от гидролизной кислотности почвы (физический вес соответственно 4,5 т га<sup>-1</sup> и 9,0 т га<sup>-1</sup>)], спустя три года после известкования можно сделать следующие выводы:

1. Наискорейшее (спустя полгода после внедрения) нейтрализующее действие на почву оказала известь мелкой фракции в обеих нормах (0,5 и 1,0). Уменьшилось количество подвижного алюминия (от 77,7 - 60,7 мг кг<sup>-1</sup> до 51,6 - 28,9 мг кг<sup>-1</sup>), а также гидролизная кислотность (от 59,4 - 62,4 м экв. кг<sup>-1</sup> до 48,3-52,5 м экв. кг<sup>-1</sup>). Позже скорость реакции почвы стабилизировалась и нейтрализация почвы происходила независимо от размера фракции извести.

2. Нейтрализующее действие почвы зависело от количества внесенной извести. Спустя 1,5 года после известкования норма 1,0 (9,0 т га<sup>-1</sup>) для обеих фракций – тенденция к уменьшению кислотности почвы. Наибольший эффект нейтрализации почвы был установлен спустя три года. В почве увеличилось количество обменного кальция до 1101 мг кг<sup>-1</sup>,  $pH_{KCl}$  до 4,9 и гидролизная кислотность снизилась до 29,9 - 41,9 м экв. кг<sup>-1</sup>, а подвижного алюминия осталось небольшое и нетоксичное для растений количество (2,3 - 7,1 мг кг<sup>-1</sup>).

3. Норма извести 0,5 (4,5 т га<sup>-1</sup>) оказалась недостаточной, поскольку спустя три года после известкования, почва осталась кислой  $pH_{KCl}$  – 4,4, гидролизная кислотность – 47,8 - 51,2 м экв. кг<sup>-1</sup>, имеющей большое количество вредного для растений подвижного Al 41,8 - 48,3 мг кг<sup>-1</sup> и немного обменного Ca 697 – 850 мг кг<sup>-1</sup>.

4. В почве, известкованной известью обеих фракций (норма 0,5 и 1,0) годовой урожай сухих веществ красного клевера был в 2,5–2,8 раза больше по сравнению с не известкованной. Почва, известкованная известью „Kalktrąšė“ в норме 0,5 хоть и осталась кислой, однако для роста в ней и усвоения клевером удобрений были созданы наиболее благоприятные условия

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dirs\_ A., Kusta A., Stanislovaityt\_ A. Žem\_ s ukio kulturu dr\_ kinimo r\_ žimas. -V., 1984, p. 72-84.
2. Haynes R.J. Naidu R. Influence of lime, fertilizers and manure applications on soil organic matter content and physical conditions: a review // Nutrient cycling in agroecosystems. -1998, Vol. 51, N. 2, P.123-137
3. Kovacevic V., Rastija M., Josipovic M., Loncaric Z. Impacts of liming and fertilization with phosphorus and potassium on soil status // Soil, plant and food interactions, 2009, p. 190-197.
4. 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.
5. Legere A., Simard R.R., Lapierre C. Response of spring barley and weed communities to lime, phosphorus and tillage // Canadian Journal Plant science. -1994, Vol.74, N.3, P.721-728.
6. Mažvila J. Lietuvos dirvožemių rūgštumas (pH) ir jo kaita // Agroekosistemų komponentų valdymas. Ilgalaikiu agrocheminiu tyrimu rezultatai, monografija, Akademija, 2010, p. 77 - 85.
7. Moreira A., Fageria N.K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of Alfalfa grown in acid soil. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. Vol. 34, P. 1231-1239
8. Murdock L.V. Peletized lime-how quickly does it react. 2007, P. 18-34
9. 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
10. Scott B., Coneyers 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.
11. Stone Y., Ahern C.R., Blunder B. Acidic sulfate soils manual. Acid sulfate soil management Advisory Committee, Wollongbar NSW, 1998, P. 135 - 184.
12. 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.
13. 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.
14. Tarakanovas P., Raudonius S. Agronominiu tyrimu duomenų statistin\_ analiz\_ taikant kompiuterines programas ANOVA, STAT, SPLIT-PLOT iš paketo SELEKCIJA ir IRRISTAT. - Akademija, 2003. -57 p.

*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*