

Опыт использования вулканических пеплов Камчатки для повышения плодородия почв

Abstract

При внесении вулканических пеплов Камчатки в сочетании с разными дозами минеральных удобрений на охристых вулканических почвах (Andosols Acroxic) были получены прибавки урожайности картофеля на 37–72%. Пеплы не содержат существенных концентраций доступных форм химических элементов в сравнении с пахотными почвами, но обладают каталитическими свойствами, улучшают питательный режим растений и усвояемость ими питательных веществ. Подтверждает каталитический эффект действия пеплов повышение в клубнях картофеля крахмала (на 3–8%), которое, как правило, достигается при использовании комплексных удобрений, содержащих микроэлементы, оказывающих каталитическое действие на ферментативные реакции.

Key words: Камчатка, вулканические пеплы, каталитические свойства, плодородие почв.

Introduction

Наиболее очевидная и часто обсуждаемая причина повышения биопродуктивности экосистем при поступлении продуктов вулканической деятельности связывается с привнесением дополнительных элементов питания минерального происхождения с вулканическими пеплами [2, 3]. Однако, при имеющихся сведениях о благоприятных свойствах вулканических пеплов, механизм действия, обуславливающий повышение биопродуктивности экосистем при поступлении в почвы продуктов вулканической деятельности, до настоящего времени остается мало изученными. Вероятно, с этим связано отсутствие в международной научной литературе свидетельств о положительных примерах применения продуктов вулканической деятельности как самостоятельного удобрения в производственном земледелии. В предлагаемой работе описывается первый полевой агротехнический опыт использования вулканических пеплов Камчатки для выращивания сельскохозяйственных культур и анализируется механизм действия пеплов, обуславливающий повышение биопродуктивности агроценоза.

Objects and methods

Опыт проводился на охристых вулканических почвах (Andosols Acroxic) в Центральном районе Южной почвенной провинции Камчатки [1] на опытных полях Камчатского научно-исследовательского института сельского хозяйства (юг Камчатки, долина р. Авача).

В почвы при опытных исследованиях вносились свежевывающие вулканические пеплы извержений вулкана Шивелуч и преобразованные голоценовые охристые вулканические пеплы, слагающие переходные горизонты наиболее распространенных на юге и в центральной части Камчатки охристых вулканических почв. Пеплы вносили в количестве 2,5–7,5 т/га в сочетании с минеральными удобрениями. В качестве традиционной минеральной добавки использовались удобрения, содержащие основные элементы питания: азот, фосфор, калий, в дозах 120 кг/га ($N_{120}P_{120}K_{120}$ – обычная доза, применяемая в регионе) и 60 кг/га ($N_{60}P_{60}K_{60}$) действующего вещества.

В почвах и вулканических пеплах устанавливались валовые содержания 62 химических элементов и определялись концентрации растворимых (ацетатно-аммонийная вытяжка) форм 65 элементов масс-спектральным (ICP-MS) + атомно-эмиссионным (ICP-AES) методом анализа с индуктивно связанной плазмой. В почвах оценивались показатели: pH водной и солевой вытяжки, гидролитическая кислотность, содержания обменных форм кальция и магния (комплексометрическим методом). В клубнях картофеля определялись содержания нитратов и крахмала.

Пеплы вулкана Шивелуч представлены преимущественно суглинистым, пылевидным материалом последних извержений, отобранном из свежих наносов,несенных водами к подножию вулканической постройки.

Перспективные к использованию в сельском хозяйстве преобразованные голоценовые вулканические пеплы достаточно повсеместно распространены в средних частях профилей охристых вулканических почв Камчатки. Данные пеплы претерпели максимальную трансформацию в период атлантического климатического оптимума [1]. Своим свойствам они обязаны благоприятным климатическим условиям в середине голоцена (4800–6800 лет назад), когда температура на Камчатке была выше современной на 4°C [7], и длительному периоду затухания вулканической деятельности в этот период [6]. Находясь длительное время в более теплых климатических условиях близко к поверхности (в зоне активного почвообразования), при этом, не перекрываясь молодыми продуктами вулканической деятельности, эти горизонты приобрели свойства, характерные для зрелых субтропических андосолов.

The results of studies

Изучение химического состава пеплового материала, вносимого в почвы при сельскохозяйственном полевом опыте, показало, что существенного обогащения его доступными формами химических элементов в сравнении с пахотными почвами (рис.1) не наблюдается. Свежие вулканические пеплы вулкана Шивелуч в сравнении с почвами опытного поля обнаруживают более высокие содержания только у 4 из 57 рассмотренных элементов: As (6,7)- P (1,4)- Mg (1,07)- V (1,06). Повышенные содержания в преобразованных голоценовых вулканических пеплов имеют 37 элементов с кратностью превышения от 1.12 (Rb) до 11.6 (Se), при среднем его значении 4.45.

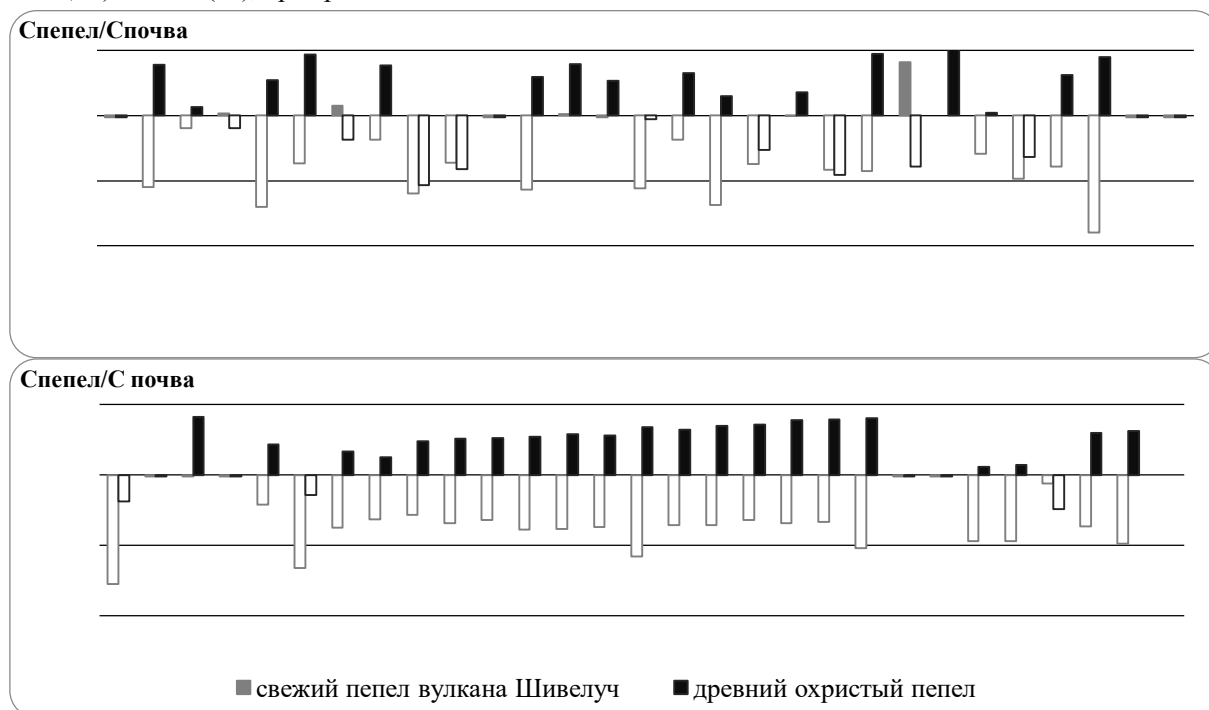


Рис. 1. Содержания подвижных форм химических элементов в вулканических пеплах (Спепел) относительно концентраций элементов в охристых вулканических почвах опытного поля (Спочва).

По результатам первого года опыта при внесении древних охристых пеплов (в сочетании с разными дозами минеральных удобрений) по разным вариантам опыта, относительно фонового варианта, были получены прибавки урожайности картофеля от 37 до 72%, в среднем 52% (табл. 1). Во всех вариантах с внесением свежесыпавших вулканических пеплов увеличение урожайности было несколько ниже – от 31 до 63%, в среднем 47%. Это обусловлено в целом более богатым химическим составом голоценовых охристых пеплов в сравнении со свежими пеплами (рис. 1). Более существенный средний прирост урожайности относительно фона наблюдался при снижении дозы минеральных удобрений вдвое. Прямая пропорциональная зависимость прироста урожайности по всем вариантам опыта от количества вносимого пепла отсутствует.

Results and Discussion

Учитывая незначительные дозы внесения пеплов в почвы и не существенное содержание в них доступных форм химических элементов в сравнении с пахотными почвами нет оснований полагать, что прибавка урожайности связана с поступлением дополнительных элементов питания. Безусловно срабатывает эффект активизации усвояемости растениями элементов питания, имеющихся в почвах и во вносимых вместе с пеплами минеральных удобрений, а также активизации микробиологической ферментативной деятельности за счет присутствия в пеплах очень широкого спектра микроэлементов.

Подтверждением каталитического действия пеплов является, наряду с увеличением урожайности, повышение в клубнях картофеля содержания крахмала на 3–8% (табл. 1). Наряду со стимуляцией усвоения азота, пеплы оказывают благоприятное воздействие на азотный и углеводный обмен растений и влияют на увеличение содержания крахмала.

Таблица 1. Результаты полевого опыта по исследованию эффективности применения охристых (пепел д) и свежих (пепел с) вулканических пеплов

Варианты опыта	Урожайность, среднее по 4-м повторениям	Клубни картофеля		Степень насыщенности почв основаниями
		Нитраты	Крахмал	

	ц/га	±*, %	мг/кг	±, %	%	±, %	%	±, %
Без удобрений – контроль	62.0	–**	182.0	–	11.00	–	55.53	–
Фон ₁ – N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	118.0	–	213.8	–	10.20	–	43.05	–
Фон ₁ + пепел д 2,5 т/га	162.0	+ 37.0	347.3	+ 62.4	10.70	+ 4.90	–	–
Фон ₁ + пепел д 5,0 т/га	172.0	+ 46.0	281.8	+ 31.8	10.70	+ 4.90	69.53	+ 26.48
Фон ₁ + пепел с 2,5 т/га	156.0	+ 32.0	257.8	+ 20.6	10.50	+ 2.94	–	–
Фон ₁ + пепел с 5,0 т/га	155.0	+ 31.0	338.8	+ 58.5	11.00	+ 7.84	69.21	+ 26.16
Фон ₁ + пепел с 7,5 т/га	163.0	+ 38.0	446.7	+ 108.9	10.20	+ 0.00	69.68	+ 26.63
Фон ₂ – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	105.0	–	180.2	–	11.20	–	54.01	+ 4.64
Фон ₂ + пепел д 2,5 т/га	181.0	+ 72.0	190.5	+ 5.5	11.50	+ 2.68	–	–
Фон ₂ + пепел д 5,0 т/га	161.0	+ 53.0	138.0	-23.6	11.90	+ 6.25	54.91	+ 5.54
Фон ₂ + пепел с 2,5 т/га	165.0	+ 57.0	168.0	-6.9	11.50	+ 2.68	–	–
Фон ₂ + пепел с 5,0 т/га	171.0	+ 63.0	183.4	+ 1.6	11.00	-1.79	58.89	+ 9.52
Фон ₂ + пепел с 7,5 т/га	172.0	+ 63.0	184.8	+ 2.4	10.70	-4.46	–	–

Примечание. * ± – относительно фона, ** «–» – нет данных.

Именно композиции широкого микроэлементов, имеющиеся в нашем случае, в вулканических пеплах повышают интенсивность микробиологических процессов в почвах. Об этом свидетельствует также рост содержания нитратного азота в клубнях картофеля в вариантах опыта с внесением пеплов, который, безусловно, связан с более интенсивной жизнедеятельностью микроорганизмов в почвах и в первую очередь бактерий автотрофов, способных усваивать азот из воздуха (табл. 2).

В почвах в вариантах опыта с внесением пепла, в сравнении с фоном наблюдался рост степени насыщенности почв основаниями (табл. 1). Проблема довольно дорогостоящего известкования почв районов, располагающихся на существенном удалении от известных месторождений известняка, на сегодня весьма актуальна и может быть частично решена за счет применения вулканических пеплов.

Conclusion

Наличие в составе вулканических пеплов широкого спектра подвижных форм химических элементов в небольших количествах, но в необходимых для эффективной жизнедеятельности соотношениях, наделяет пеплы каталитическими и стимулирующими свойствами. Благодаря каталитическому действию пеплов внесение их на фоне применения минеральных удобрений повышает урожайность.

References

1. Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. Specific Features of the Morphology of Volcanic Soils in the Altitudinal Zones of Kamchatka // Eurasian Soil Science. Vol. 46, No. 6, 2013. pp. 611—621.
2. Louder R. Volcanic ash may be helping vegetation growth. Reykjavik: Grapevine, 2010. P. 24.
3. Ponomareva VV. The largest explosive volcanic eruptions and their application to tephra dating and correlation of landforms and sediments: Author. diss. ... Doc. geogr. Sciences. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 2010. 50 p.
4. SaidovKh.M. Safarova SA, 1989. Ekostatigrafija and paleogeography of the Holocene shelf of the Bering Sea foraminifera, spores and pollen // Quaternary. Stratigraphy. Nauka, pp. 176-181.
5. Seward W, Edwards B. Testing hypotheses for the use of Icelandic volcanic ashes as low cost, natural fertilizers. Geophys Res Abstr. 2012. P. 178.

Experiment in the use of Kamchatka volcanic ash to improve soil fertility

Lalita Zakharikhina¹, Yuri Litvinenko², Nina Ryakhovskaya³,

¹*Research Geotechnological Centre, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

²*EcoGeoLit Ltd., Moscow, Russia*

³*Kamchatka Research Institute of Agriculture, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

Abstract

When adding Kamchatka volcanic ash in combination with different doses of mineral fertilizers in the ochreous volcanic soils (Andosols Acroxic) increase of productivity of potato in the 37-72%. was obtained. Ashes do not contain significant concentrations of available forms of chemical elements compared to arable soils, but have catalytic properties, improve the nutrient status of plants and digestibility of nutrients The increase of starch in potato tubers (3-5%) confirms catalytic effect of ash, such effect is usually achieved by using complex fertilizers containing micronutrients, which have a catalytic effect on the enzymatic reaction.

Key words: Kamchatka, volcanic ash, catalytic properties, soil fertility

Introduction

The most obvious and often discussed reason for bio-productivity increase of ecosystems while using product of volcanic activity is associated with the additional supply of chemical elements from the volcanic ashes [2, 3]. Although, data about the favorable properties of volcanic ash is available, mechanism of raise of bio-productivity of ecosystems while using products of volcanic activity still remains poorly understood. Perhaps this is due to the fact that international scientific literature lacks positive examples of application of products of volcanic activity as an independent fertilizer in agriculture. Our work describes the first field Agronomy experience with volcanic ash of Kamchatka for growing crops and analyzes the mechanism of influence of ash that raise bioefficiency of acrocyanosis.

Objects and methods

The experiment was conducted in the ochreous volcanic soils (Andosols Acroxic) in the central region of South Kamchatka soil provinces [1] on the experimental fields of the Kamchatka Research Institute of Agriculture (South Kamchatka, Avacha River valley).

During the experimental studies soils were enriched with fresh volcanic ash of Sheveluch eruptions and converted ochreous Holocene volcanic ash forming the transitional horizon most common in the south and in the central part of Kamchatka volcanic ochreous soils. Ashes were added in the amount of 2.5-7.5 t / ha in combination with mineral fertilizers. As a conventional mineral additive we used fertilizers containing basic elements of nutrition: nitrogen, phosphorus, potassium, in the doses of 120 kg / ha (N120P120K120 - the usual dose used in the region), and 60 kg / ha (N60P60K60) of the active substance.

In soils and volcanic ash gross content of 62 chemical elements and the concentration of soluble (ammonium acetate-hood) forms 65 elements were detected by mass spectral (ICP-MS) + atomic emission (ICP-AES) analysis method with inductively coupled plasma. The parameters evaluated in soil: pH of the water and salt extraction, hydrolytic acidity, content of mobile forms of calcium and magnesium (by complexometric method). The content of nitrate and starch in potato tubers was measured.

Ashes of Shiveluch are represented mainly by loam, pulverized material of previous eruptions, selected from fresh sediment, brought by water to the foot of the volcanic edifice.

Transformed Holocene volcanic ash widespread in mid-profile ochreous volcanic soils of Kamchatka is promising for agriculture. These ashes have undergone maximum transformation in the period of the Atlantic climatic optimum[1]. They owe their properties to favorable climatic conditions in the middle Holocene (4800-6800 years ago), when the temperature was 4 ° C higher in Kamchatka than it is nowadays [7] and a long spell of decrease of volcanic activity during this period. [6]. Being in warmer climates for a long time and close to the surface (in the zone of active soil), while not overlapped by young products of volcanic activity, these horizons have acquired properties that are typical for mature subtropical Andosols.

The results of studies

The study of the chemical composition of ash material, introduced into the soil during the agricultural field experiment showed that there was no significant enrichment of its available forms of chemical elements compared to arable soils (Fig. 1). Fresh volcanic ash of Shiveluch compared with experimental field soils show higher content of only 4 out of 57 elements studied: As (6,7) - P (1,4) - Mg (1,07) - V (1,06). 37 elements have increased content in converted Holocene volcanic ashes with a multiplicity of excess of 1.12 (Rb) to 11.6 (Se), with an average of 4.45.

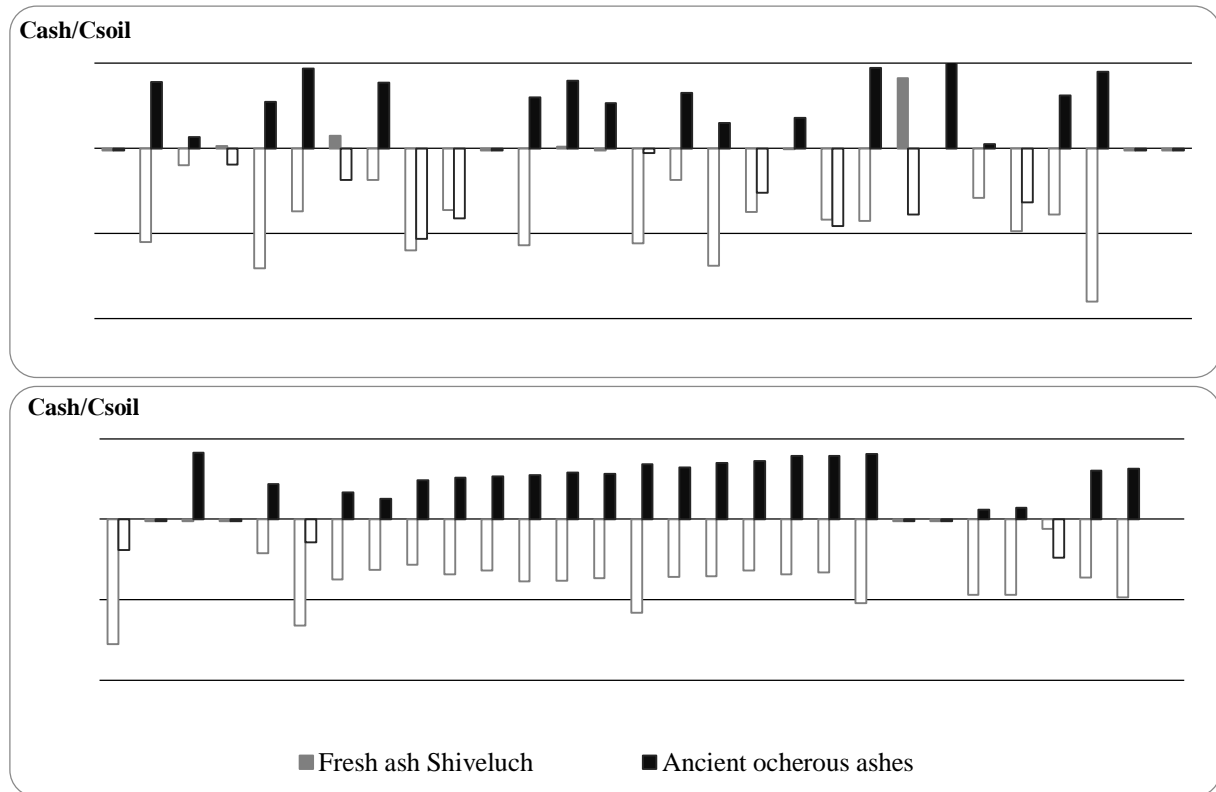


Fig. 1. The content of mobile forms of chemical elements in volcanic ash (C-ash) in relation to the concentrations of elements in volcanic ochreous soils of experimental field (Csoil).

In the first years of experiment due to the usage of ancient ochreous ash (in combination with various doses of fertilizer) for different variants of the experiment the increase of potato yields was from 37 to 72%, on average 52% compared to background sample (Table. 1). In all variants while using fresh volcanic ash yield increase was slightly lower - from 31 to 63%, an average of 47%. This is due to the fact that Holocene ochreous ashes have richer chemical composition in comparison with fresh ash (Fig. 1). A more significant increase in the average yield in relation to the background samples was observed when using twice as low doses of mineral fertilizers. In all variants of the experiment direct proportion of the growth of productivity to the amount of ash contributed was not detected.

Results and Discussion

Taking into account that the doses of ash applied in the soil are quite low and content of available forms of chemical elements in the ash is not significant in comparison with the arable lands, there is no reason to believe that the yield increase is related to the receipt of additional chemical elements. There is no doubt the effect is triggered by the activation of the plants' assimilability of nutrients available in the soil and in mineral fertilizers, introduced along with the ashes, as well as increased microbial enzymatic activity due to the presence of a very wide range of microelements in the ashes.

The catalytic action of ash is confirmed, along with an increase in productivity, by an increase of 3-8% in the potato tuber starch content (Table. 1). Along with the stimulation of nitrogen fixation, ashes have a favorable impact on nitrogen and carbohydrate metabolism of plants and affect the increase of starch content.

Table 1. Results of field experiment for the study of the effectiveness of ochreous (ash o) and fresh (ash f), volcanic ash

Experiment variants	Yields average of four repetitions		Potato tubers				The degree of soil base saturation	
			Nitrates		Starch			
	t/ha	±*, %	мг/кг	±, %	%	±, %	%	±, %
Without fertilizer - control	62.0	-**	182.0	-	11.00	-	55.53	-
Background ₁ - N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	118.0	-	213.8	-	10.20	-	43.05	-
Background ₁ + ash o 2,5 t/ha	162.0	+ 37.0	347.3	+ 62.4	10.70	+ 4.90	-	-
Background ₁ + ash o 5,0 t/ha	172.0	+ 46.0	281.8	+ 31.8	10.70	+ 4.90	69.53	+ 26.48
Background ₁ + ash f 2,5 t/ha	156.0	+ 32.0	257.8	+ 20.6	10.50	+ 2.94	-	-
Background ₁ + ash f 5,0 t/ha	155.0	+ 31.0	338.8	+ 58.5	11.00	+ 7.84	69.21	+ 26.16
Background ₁ + ash f 7,5 t/ha	163.0	+ 38.0	446.7	+ 108.9	10.20	+ 0.00	69.68	+ 26.63
Background ₂ - N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	105.0	-	180.2	-	11.20	-	54.01	+ 4.64
Background ₂ + ash o 2,5 t/ha	181.0	+ 72.0	190.5	+ 5.5	11.50	+ 2.68	-	-
Background ₂ + ash o 5,0 t/ha	161.0	+ 53.0	138.0	-23.6	11.90	+ 6.25	54.91	+ 5.54
Background ₂ + ash f 2,5 t/ha	165.0	+ 57.0	168.0	-6.9	11.50	+ 2.68	-	-
Background ₂ + ash f 5,0 t/ha	171.0	+ 63.0	183.4	+ 1.6	11.00	-1.79	58.89	+ 9.52
Background ₂ + ash f 7,5 t/ha	172.0	+ 63.0	184.8	+ 2.4	10.70	-4.46	-	-

Note. * ± - relative to the background, ** "-" - no data available.

В почвах в вариантах опыта с внесением пепла, в сравнении с фоном наблюдался рост степени насыщенности почв основаниями (табл. 1). Проблема довольно дорогостоящего известкования почв районов, располагающихся на существенном удалении от известных месторождений известняка, на сегодня весьма актуальна и может быть частично решена за счет применения вулканических пеплов.

Conclusion

Наличие в составе вулканических пеплов широкого спектра подвижных форм химических элементов в небольших количествах, но в необходимых для эффективной жизнедеятельности соотношениях, наделяет пеплы каталитическими и стимулирующими свойствами. Благодаря каталитическому действию пеплов внесение их на фоне применения минеральных удобрений повышает урожайность.

In this very case specifically a broad composition of trace elements present in the volcanic ash increase the intensity of microbiological processes in soils. This fact is also confirmed by the growth of nitrate nitrogen content in potato tubers when the ash was used in the course of experiment, this growth is definitely associated with the more intense activity of microorganisms in the soil and above all autotrophs bacteria that can absorb nitrogen from the air (Table. 1).

During the experiments with the use of the ash in the soils, as compared with the background, the growth of saturation of soil with bases was observed (Table. 1). The problem of quite expensive liming of areas, which are located at a substantial distance from the known deposits of limestone, is very relevant today and can be partially solved by the use of volcanic ash.

Conclusion

The presence of a broad spectrum of mobile forms of chemical elements in volcanic ashes in small amounts, but in proper proportion for effective life activity, gives catalytic and stimulating properties to the ashes. Due to the catalytic action of the ashes, the use of them along with the application of fertilizers raises the level of crop yield.

References

- Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. Specific Features of the Morphology of Volcanic Soils in the Altitudinal Zones of Kamchatka // Eurasian Soil Science. Vol. 46, No. 6, 2013. pp. 611—621.
- Louder R. Volcanic ash may be helping vegetation growth. Reykjavik: Grapevine, 2010. P. 24.

8. Ponomareva VV. The largest explosive volcanic eruptions and their application to tephra dating and correlation of landforms and sediments: Author. diss. ... Doc. geogr. Sciences. Moscow: Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 2010. 50 p.
9. SaidovKh.M. Safarova SA, 1989. Ekostratigrafiya and paleogeography of the Holocene shelf of the Bering Sea foraminifera, spores and pollen // Quaternary. Stratigraphy. Nauka, pp. 176-181.
10. Seward W, Edwards B. Testing hypotheses for the use of Icelandic volcanic ashes as low cost, natural fertilizers. Geophys Res Abstr. 2012. P. 178.