

Г. К. ГАБРИЕЛЯН, А. П. ПЕТРОСЯН, Ф. С. МАТЕВОСЯН

О БИОГЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ КАРБОНАТНОЙ КОРЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ
АРМЯНСКОЙ ССР*

В пределах Вулканического нагорья Армянской ССР большое развитие имеет углекислый кальций, образующий карбонатную кору выветривания, которая хорошо выражена в предгорьях вулканических массивов на высоте 1000—1500 м. Выше слой коры постепенно уменьшается и примерно на высоте 3000—3200 м почти исчезает. Особенно наглядно кора выступает в предгорных районах Араратской котловины. Такого рода кору выветривания наблюдал Б. Б. Полюнов [16] в Монголии в пустыне Гоби. Подобная кора имеется [2, 3, 5, 6] и в других континентальных районах земного шара (Иран, Малая Азия, Египет и др.).

Изучение карбонатной коры в Армянской ССР связано с хозяйственной деятельностью человека. При любом строительстве приходится сталкиваться с карбонатной корой в качестве субстрата, поскольку почвообразование происходит также на этой коре. Многие исследователи считают карбонатную кору вторичным образованием, что касается вопроса ее генезиса мнения расходятся.

Карбонатная кора выветривания встречается в самых разнообразных формах и называется геологами «белоземами». Местами она выражена в виде порошка, смешанного с глиноземом или другими рыхлыми породами и легко развеивается ветром. В другом случае карбонаты смешаны с щебнем и гравием, образуя крепкую корку. В этом случае карбонаты являются цементирующим составом в контракционных трещинах поверхностных слоев на лавовых покровах; в виде крепких карбонатных плит, проявляющих свойства скальной породы и др.

В разрезе карбонатной корки, образованной вокруг гальки, можно легко отметить послойное расположение карбонатного материала. Каменные глыбы покрыты концентрически расположенными оболочками, указывающими на то, что материал коры принесен извне.

Карбонатная кора выветривания свойственна вулканическим районам Армянской ССР. На Араратской равнине, на аллювиальных и озерных отложениях она не образуется, а если и встречаются обломки коры, то они принесены водными потоками из вышерасположенных предгорьев.

В распространении карбонатной коры наблюдается ярко выраженная вертикальная зональность. Наиболее мощный покров ее встречается в предгорьях в виде натечной формы. Все глыбы коренных пород заму-

* Сообщение 1-е.

рованы в крепкий панцырь карбонатной коры. В высокогорных массивах глыбы пород покрыты тонким слоем или налетом карбонатов.

Химические анализы карбонатной коры выветривания показывают, что она преимущественно состоит из углекислого кальция (до 80%). Остальную массу составляют $MgCO_3$ глинистые частицы и др.

В распространении карбонатной коры в геоморфологическом отношении определенной закономерности не наблюдается. Местами она хорошо выражена на водоразделах, местами—водосборах и понижениях, но, как правило, на теневой стороне, т. е. там где нет прямой солнечной радиации. На дневной поверхности пород кора не образуется.

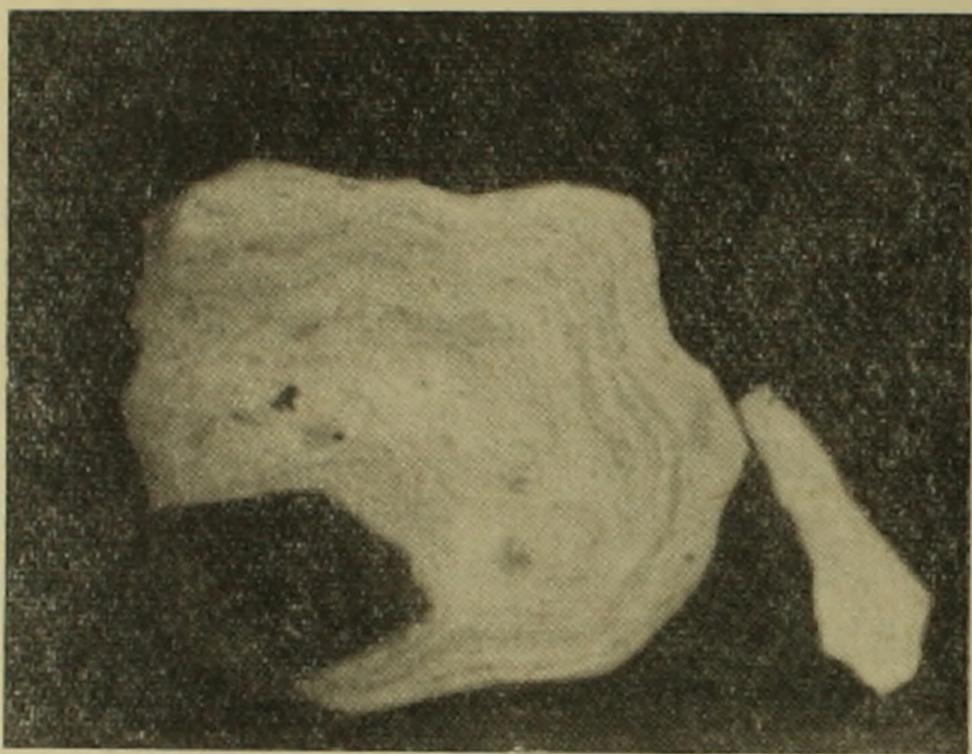


Рис. 1. Карбонатная кора вокруг базальтового куска камня.

Наряду с химическими процессами в образовании карбонатной коры имеют место также биологические процессы. По этому поводу акад. В. И. Вернадский [4] писал: «В настоящее время мы не знаем ни одной водозной химической реакции, дающей значительные скопления карбонатов кальция, которая была бы независима от жизни. Несомненно есть случаи, когда карбонат кальция образован чисто химическими реакциями, но он тогда рассеян, образует небольшие распыленные концентрации, которые почти всегда немедленно вновь поглощаются организмами».

Наши знания о роли микроорганизмов в геологических процессах с каждым днем расширяются. Так, за последнее время большая роль придается микроорганизмам в образовании так называемых хелатов—отрицательно зараженных молекулярных внутрикомплексных соединений железа и алюминия. Большое внимание этим вопросам уделяется в Германии, США и у нас в СССР [20—22, 1].

Седиментация известняков в океанах и морях вследствие осаждения карбонатных панцырей после отмирания организмов в петрографии известна давно. Участие микроорганизмов в процессе отложения карбонатов изучено в первых десятилетиях текущего столетия Г. А. Надсоном [15], Дрю [17], Келлерманом и Смитом [18], Молишем [19], Б. Л. Иса-

ченко [8, 9, 10] и др. Своими разносторонними исследованиями они доказали, что в различных природных водоемах образование карбоната кальция проходит вследствие жизнедеятельности различных групп микроорганизмов.

В условиях Армянской ССР при изучении микробиологии севанских вод П. Б. Калантарян и А. П. Петросян [11] установили, что карбонатные скопления на дне оз. Севан образуются биологическим путем, благодаря новому виду бактерий, который описан ими и назван *V. sewanense*. В дальнейшем, изучая механизм и последовательные стадии образования кристаллов углекислого кальция как в естественных, так и в лабораторных условиях Б. Л. Исаченко [8] установил, что в бактериальной слизи сначала появляется аморфный углекислый кальций в виде круглых телец различных размеров, от мелких едва заметных до крупных включений. Позднее аморфный CaCO_3 превращается в коллоид кальция, а затем наступает его кристаллизация. По его мнению не исключена возможность, что для некоторых гетеротрофных бактерий процесс адсорбции кальцита является как источником углерода, так и энергии. Б. Л. Исаченко [9] указывает, что выделенные ими кальцийосаждающие бактерии из оз. Севан идентичны с *V. sewanense*. Л. А. Еркин [7] также подтверждает биогенное образование карбоната кальция в оз. Севан. Кроме того, он отмечает, что в водах источников Акунка, питающих водопровод Еревана, имеются кальцийосаждающие бактерии.

Если участие микроорганизмов в образовании карбонатов в водоемах изучено достаточно хорошо, то того же нельзя сказать в отношении образования карбонатных скоплений в континентальных условиях. Этому вопросу посвящены работы Н. А. Красильникова [12—14], в которых впервые экспериментальным путем доказывается биогенное происхождение карбонатной коры на различных горных породах в условиях Армении. В условиях вегетационных опытов за 8 мес. ему удалось получить тонкий слой коры карбоната на плитках, погруженных в почву, богатую кальцийотлагающими микроорганизмами. Согласно его опытам при высевах на питательные среды прикорневой почвы исследуемых объектов, вырастает большое количество бактерий и актиномицетов, которые энергично откладывают углекислый кальций в субстрат.

С целью более углубленного изучения карбонатной коры в разных условиях ее образования, нами собрано множество образцов из различных районов Армянской ССР с разных высот в вертикальной зональности: из Араратской котловины начиная с высоты 900 до 3200 м, на вершине вулканического массива горы Арагац, в долинах р. Веди и Агстев, начиная с высоты 1000 м до 2000 и с берегов оз. Севан. Образцы были взяты как с поверхности горных пород, так и с некоторой глубины (1—5 см), были завернуты в стерильную пергаментную бумагу и помещались в стерильные матерчатые мешочки. Методом разведения на средах Молиш-агар и МПА + 1% CaCl_2 в образцах пород определялось общее количество микроорганизмов. Результаты этих анализов приводятся в табл. 1—4. Следует отметить, что благодаря этим анализам удалось

выделить около 300 штаммов различных групп микроорганизмов, отлагающих карбонаты. Морфо-физиологические особенности и их систематическая принадлежность будут изучены в дальнейшем. Из приведенных в таблицах данных видно, что общее количество микроорганизмов на плотных вулканических породах, таких как андезито-дациты, андезито-базальты значительно больше, чем на туфах. Их много также в самой карбонатной коре. Если на поверхности голых пород количество микроорганизмов не превышает сотни тысяч и миллиона, то в развитой на карбонатной коре выветривания почве они насчитываются десятками миллионов. Из таблиц видно также, что количество микроорганизмов на поверхности породы во всех случаях больше, чем на глубине 1—5 см и с возрастанием глубины их количество еще больше уменьшается. Подобная же закономерность наблюдается и в отношении кальцийосаждающих микроорганизмов. По данным табл. 1 и 2 видно, что общее количество и количество кальцийосаждающих микроорганизмов заметно больше в первой таблице, чем во второй, несмотря на то, что образцы взяты почти из тех же мест в вертикальной зональности г. Арагац. Это различие объясняется тем, что образцы табл. 1 были взяты в сентябре 1960 г., когда условия для развития микроорганизмов были намного благоприятнее, чем в жаркое сухое время, в июле 1962 г., когда брались образцы, приведенные в табл. 2. По данным табл. 3 становится ясным, что наибольшее количество кальцийосаждающих организмов было обнаружено в образцах предгорных зон (от 1100 до 1500 м), т. е. там, где больше развита карбонатная кора. Приведенные в таблицах данные показывают, что среди встречающихся микроорганизмов значительное место занимают откладывающие карбонат кальция микроорганизмы.

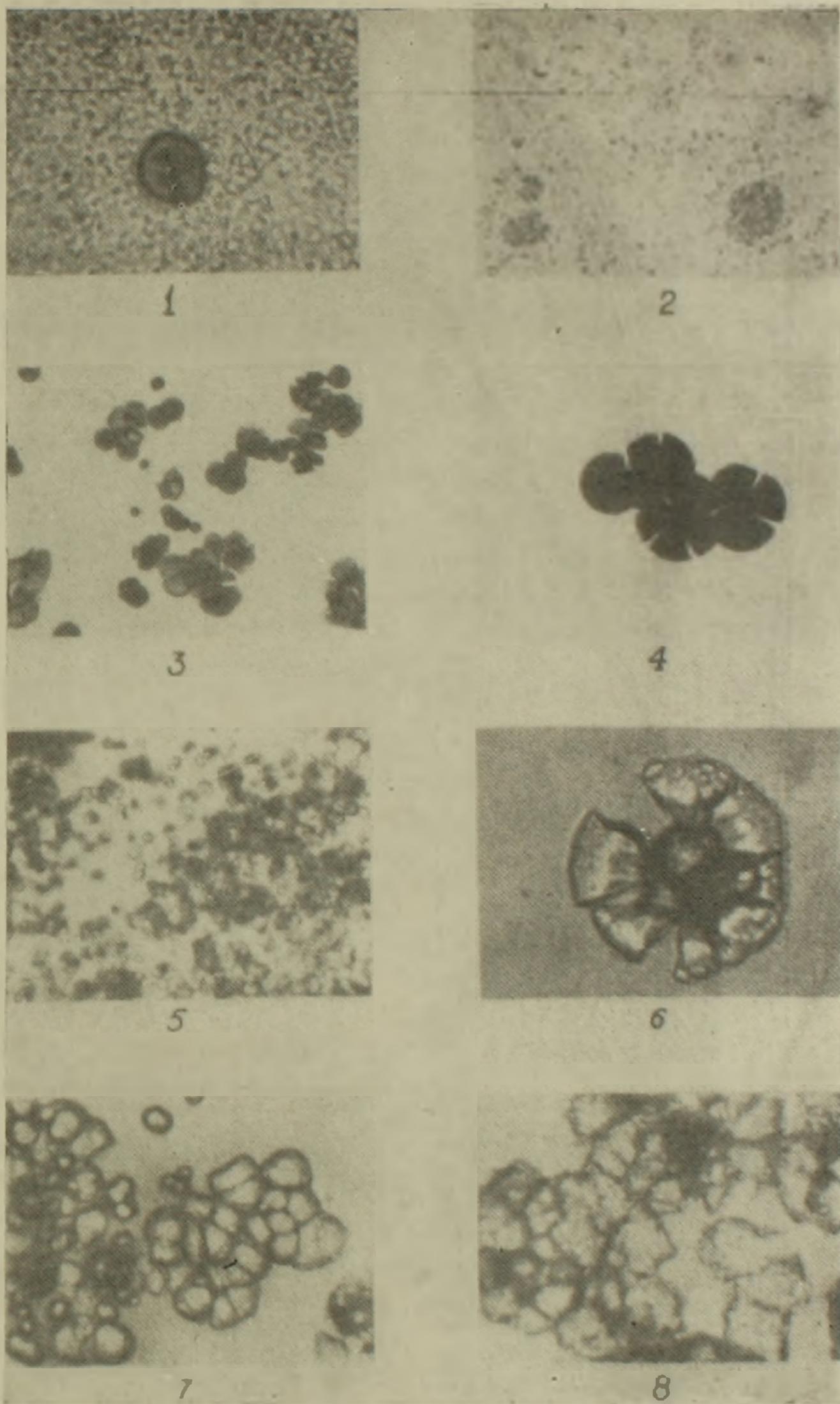
В процессах биологического карбонатоотложения участвуют бактерии (спороносные и неспороносные) микобактерии, актиномицеты, дрожжи и плесневые грибы. Длительность процесса образования карбонатов у различных микроорганизмов разная. Так, у некоторых кальцит появляется в течение 20—24 час. после посева.

Следует отметить, что механизм образования карбонатов микроорганизмами еще не ясен. Пока нам ясна только последовательность образования скоплений карбонатов, в которой можно отметить четыре стадии.

В первой стадии под микроскопом наблюдаются большие скопления мелких зернышек.

Во второй стадии в центре сгустков образуются сферолиты совершенно правильной геометрической формы, величиной, в большинстве случаев, 0,003—0,03 мм, иногда и больше. Иногда встречаются кристаллики четырехугольной формы—0,005—0,01 мм. Сферолиты большей частью прозрачны и сильно преломляют свет.

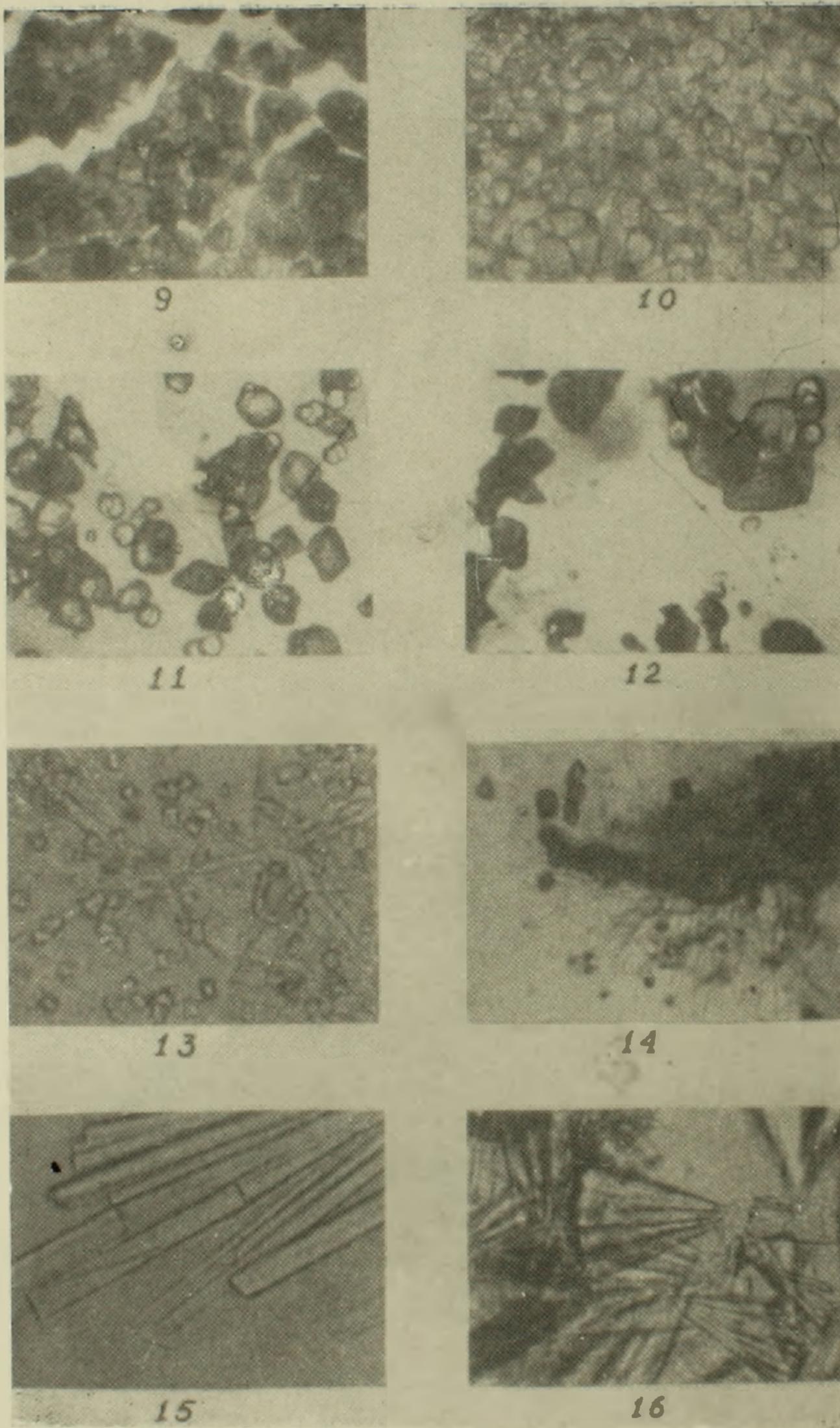
В третьей стадии наблюдаются скопления сферолитов и их конгломераты. В них можно отличить каждый сферолит. В этой стадии сферолиты еще нехорошо сцементированы и при раздавливании распадаются на отдельные сферолиты. Со временем происходит полная цементация



Микрофотоснимок 1. Фиг. 1, 2. Скопления аморфных зернышек CaCO_3^* . Фиг. 3--5. Образование сферолитов. Фиг. 6. Радиально растрескавшийся сферолит. Фиг. 7. Конгломерат сферолитов. Фиг. 8. Скопление кристаллов.

* 1) фиг. 1—12 и 16 показывают образование карбонатов у бактериальных культур; фиг. 13--15 — у плесневых грибов.

2) фиг. 1, 2, 3—10, 13—16 увеличено 800 раз. фиг. 3, 4, 11, 12 увеличено 200 раз.



Микрофотоснимок 2. Фиг. 9—10. Скопления кристаллов. Фиг. 11, 12. Одновременное происхождение всех стадий образования кальцита. Фиг. 13, 14. Образование кальцита у плесневых грибов. Фиг. 15. Образование магнезита у плесневых грибов. Фиг. 16. Образование магнезита у бактерий.

Число микроорганизмов в 1 г воздушно-сухой породы в тыс. Образцы взяты в сентябре 1960 г.

Место взятия образцов	Высота н. у. м.	Характеристика образцов	Общее количество						Отлагающие CaCO ₃					
			бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на		бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на	
			МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш
Арагац, метеор. станция	3200	андезито-дацит голый с поверхности	30	40	0	0	10	10	10	1	0	0	0	0
Арагац, южный склон	2900	андезито-дацит на почве, с поверхности	50	4780	0	0	20	0	10	0	0	0	0	0
"	2650	андезито-базальт, выветренный с поверхности	2820	1600	0	0	20	0	30	10	0	0	0	0
"	2650	андезито-базальт, выветренный с глубины 1 см	680	670	0	0	0	30	100	40	0	0	0	0
"	2550	андезито-базальт, выветренный с поверхности	8000	5400	0	0	10	10	200	40	0	0	0	0
"	1900	андезито-базальт, выветренный с глубины 5 см	430	970	0	40	20	0	10	40	0	0	0	0
"	1900	андезито-базальт, выветренный с поверхности	600	1500	0	0	0	10	10	100	0	0	0	0
Бюракан	1500	черный туф, покрыт карбонатной корой	720	8300	20	0	20	10	0	60	0	0	0	0
"	1500	тоже с глубины 5 см	130	340	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0
"	1450	туф с поверхностного слоя	650	1900	0	30	20	10	10	2	0	0	0	0
"	1450	карбонатная кора с глубины 5 см	240	700	0	10	0	0	3	3	0	0	0	0
Егвардское плато	1300	карбонатная кора с поверхности	11600	13000	0	0	3	10	50	60	0	0	0	0

Таблица 2

Число микроорганизмов в 1 г воздушно-сухой породы в тыс. Образцы взяты 9.VII 1962 г.

Место взятия образцов	Высота н. у. м.	Характеристика образцов	Общее количество						Отлагающие CaCO ₃					
			бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на		бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на	
			МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш
Арагац, метеорол. станция	3200	андезито-дацит голый с поверхности	12	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	3200	тоже с глубины 1 см	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Арагац, южный склон	2600	андезито-базальт с поверхности	190	13	0	0	10	6	0	3	0	0	0	0
	2000	андезито-базальт, с поверхности	70	20	0	0	2	10	1	20	0	0	0	0
	2000	тоже, погруженный в почву, с поверхности	1110	1060	50	10	0	10	20	70	50	0	1	0
Бюракан	1600	туф с поверхности	6	10	30	0	3	30	0	0	0	0	0	0
	1600	карбонатная кора с глубины 10 см	22	190	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	1600	туф, покрытый карбонатной коркой. Обр. взят с туфового слоя с глубины 1 см	4	5	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	1600	почва, горный чернозем	16000	11900	700	110	0	20	40	на всех бактериальных колониях образован слой CaCO ₃	700	0	0	0

Таблица 3

Число микроорганизмов в 1 г воздушно-сухой породы в тыс. Образцы взяты в сентябре 1962 г.

Место взятия образцов	Высота н. у. м.	Характеристика образцов	Общее количество						Отлагающие CaCO ₃					
			бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на		бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на	
			МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш
Аван	1200	карбонатная кора с глуб.—10—15 см	650	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0
•	1200	тоже с поверхности затененной стороны	5800	5400	0	0	30	20	130	130	0	0	0	0
Гарни	1400	карбонатная кора на базальте с затененной поверхности	3000	2800	0	0	70	50	120	40	0	0	0	0
•	1400	карбонатная кора с поверхности	970	580	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
Долина р. Веди	1500	плотный голый песчаник с поверхности	970	800	0	0	10	5	70	20	0	0	0	0
•	1500	тоже с глубины 1 см	50	20	0	0	1	10	10	2	0	0	0	1
•	1500	тоже с глубины 5 см	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
•	1100	плотная кристаллическая порода, покрытая карбонатной коркой с поверхности	220	650	1	0	12	30	10	30	0	0	0	0

Таблица 4

Число микроорганизмов в 1 г воздушно-сухой породы в тыс. Образцы взяты в октябре 1962 г.

Место взятия образцов	Высота н. у. м.	Характеристика образцов	Общее количество						Отлагающие CaCO ₃					
			бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на		бактерии на		актиномицеты на		плесневые грибы на	
			МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш	МПА	МО-лиш
Долина р. Агстев	1000	плотный известняк с поверхности	6840	7000	0	0	0	20	0	150	0	0	0	20
"	1000	тоже с глубины 1,5 см	40	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10
"	1200	порфириды голые с поверхности	480	370	20	20	0	1	20	30	0	20	0	10
"	1200	тоже с глубины 1,5 см	90	40	0	1	10	20	20	0	2	1	10	20
Дилижан	1350	плотная кристаллическая порода с поверхности	300	110	50	10	10	10	3	0	5	10	10	10
Семеновский пер.	2000	плотный песчаник с поверхности	30	10	0	0	10	0	3	0	0	0	10	0
"	2000	тоже с глубины 1,5 см	50	20	0	0	20	0	10	0	1	0	20	0
Остров Севан	1900	карбонатная кора на берегу с поверхности	3000	4060	0	0	0	10	150	250	0	0	0	10

сферолитов, которые постепенно сливаются, теряют первоначальную форму и переходят в четвертую стадию, в которой карбонат кальция выражен бесформенными скоплениями.

В четвертой стадии частицы значительно крепче. В быстро растущих штаммах через 7—10 дней невооруженным глазом можно увидеть блестящие кристаллы кальцита на поверхности бактериальных культур. Встречаются немногочисленные штаммы, у которых образование кальцита происходит без вышеуказанной последовательности, прямо образуются бесформенные скопления кальцита.

В некоторых штаммах все эти четыре стадии можно наблюдать в одном и том же препарате одновременно. При воздействии соляной кислоты как сферолиты, так и другие формы скоплений карбонатов сейчас же разлагаются, выделяя углекислый газ. Таким образом, биологическая природа образования кальцита на искусственных питательных средах очевидна. Следует отметить, что нами было показано биогенное образование и $MgCO_3$ из $MgCl_2$ на тех же вышеуказанных питательных средах.

Выяснено, что некоторые штаммы кальцийосаждающих микроорганизмов (бактерии, актиномицеты, плесневые грибы) способны откладывать также и $MgCO_3$.

Процессы образования карбонатов кальция и магния в континентальных условиях природы только что начинают изучаться. Это явление, интересное и в теоретическом, и в практическом отношении, нуждается в подробном дальнейшем исследовании. Тем не менее можно предположить, что механизм образования кальцита и магнезита одинаков как в чистых микробных культурах, так и в природных условиях. В таблицах (1, 2) микрофотоснимков показан процесс отложения карбонатов Ca и Mg и формы кристаллов.

Изучение карбонатной коры выветривания показывает, что последняя больше развита в районах распространения более древних основных лав—базальтов, андезито-базальтов. На дацитах, трахитах, туфах и др. кислых породах кора развита гораздо хуже. По-видимому, самые благоприятные условия для развития микроорганизмов имеются на основных породах. Н. А. Красильников [14] указывает, что на базальтах бактериальное население в десятки раз больше, чем на туфах, что подтверждается и нашими данными. Таким образом, химический состав пород имеет решающее значение в развитии микроорганизмов, отлагающих карбонаты. Этим и объясняется отсутствие такой коры выветривания в тех районах республики, где развиты осадочные породы, и где нет соответствующих условий для развития микроорганизмов, отлагающих карбонаты.

На основании полученных данных можно сделать предварительные выводы:

1. Установлено, что различные группы микроорганизмов (бактерии, микобактерии, актиномицеты, плесневые грибы и дрожжи) превра-

щуют легкорастворимые соединения кальция и магния (CaCl_2 , MgCl_2) в труднорастворимые карбонаты (CaCO_3 , MgCO_3).

2. Выяснены четыре стадии последовательности образования карбонатов, мелкие аморфные зернышки, сферолиты различной формы и величины, конгломераты и скопления кристаллов. Однако у некоторых штаммов все эти стадии образования карбонатов наблюдаются одновременно.

3. Процесс образования карбонатов у различных культур микроорганизмов протекает с различной скоростью. У некоторых штаммов через 20—24 часа после посева уже появляются сферолиты.

4. Химический состав породы имеет, по-видимому, решающее значение для развития карбонатосажающих микроорганизмов, которые намного больше на основных породах: базальтах, андезито-базальтах, чем на кислых породах: дацитах, трахитах и туфах.

5. Благодаря образованию труднорастворимых карбонатов, процессы миграции карбонатов и бикарбонатов задерживаются. Они связываются с плотными горными породами и сохраняются веками в континентальных условиях.

Институт микробиологии

АН АрмССР

Ереванский государственный университет

Поступило 28.II 1964 г.

Հ. Կ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, Ա. Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ֆ. Ս. ՄԱՏԵՎՈՍՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ՀՐԱԲԵԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԿԱՐԲՈՆԱՏԱՅԻՆ
ՀՈՂՄՆԱՀԱՐՄԱՆ ԿԵՂԵՎԻ ԲԻՈԳԵՆ ԾԱԳՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Հաղորդում I

Ս. մ փ ո փ ո լ մ

Հայկական ՍՍՌ հրաբխային բարձրավանդակի նախալեռնային շրջաններում երկրի մակերևույթի վրա նկատվում է կարբոնատների կուտակում. բաբարեկորները ծածկված են կրի շերտով: Ապարների կրակավման պրոցեսն ընթանում է միկրոորգանիզմների ակտիվ մասնակցությամբ: Կարբոնատոր ուսումնասիրություններից հանգել ենք հետևյալ նախնական եզրակացություններին.

1. Միկրոորգանիզմների տարբեր խմբեր՝ բակտերիաներ, միկոբակտերիաներ, շաբարասնկեր, ճառագայթասնկեր և բորբոսասնկեր, կալցիումի ու մագնեզիումի ջրում հեշտ լուծվող միացությունները (CaCl_2 , MgCl_2) փոխակերպում են դժվար լուծելի միացությունների (CaCO_3 , MgCO_3):

2. Դիտվում են կարբոնատների առաջացման շորս հաջորդական փուլեր՝ ամորֆ մանր հատիկներ, տարբեր մեծության ու ձևի սֆերոլիտներ, սֆերոլիտների կոնգլոմերատներ և բյուրեղների կուտակումներ: Որոշ շտամներում այս փուլերը կարելի է դիտել միաժամանակ:

3. Տարբեր կուլտուրաների մոտ կարբոնատագոյացման պրոցեսն ընթա-

նում է տարրեր արագությամբ: Որոշ շտամներում ցանքից 20—24 ժամ հետո գոյանում են սֆերուլիտներ:

4. Ապարների քիմիական կազմը վճռական նշանակություն ունի կարբոնատ կուտակող միկրոօրգանիզմների զարգացման համար, որոնք գերադասում են հիմքային ապարները (բազալիտներ, անդեզիտա-բազալիտներ): Թթու ապարների վրա (դաջիտներ, տրախիտներ, տուֆեր) նրանց բանակը փոքր է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Антипов-Каратаев И. Н. и Цюрупа И. Г. Почвоведение, 8, 1961.
2. Ассинг И. А. Проблемы сов. почвоведения, Сб. 15, 1949.
3. Бошнагян П. С. Вопросы геологии и гидрогеологии АрмССР. Изд. АН АрмССР, 1956.
4. Вернадский В. И. Очерки геохимии. Л., 1947.
5. Вологдин А. Г. Изв. АН СССР, сер. геол. 3, 1947.
6. Гинзбург И. И. Кора выветривания, вып. 1, Изд. АН СССР, М., 1952.
7. Ерзинкян Л. А. Микробиологический сборник АН АрмССР, вып. IV, 1949.
8. Исаченко Б. Л. Микробиология, 17, вып. 2, 1948.
9. Исаченко Б. Л. Бактериальное выпадание кальция. Избр. тр., том II, М.—Л., 1951.
10. Исаченко Б. Л. О биолитогенезисе травертина. Избр. тр., т. II, М.—Л., 1951.
11. Калантарян П. Б. и Петросян А. П. Zent. Blat fur Bakt. Leab. B. 85, Se. 431, 1932,
12. Красильников Н. А. Микробиология, т. 18, вып. 4, 1949.
13. Красильников Н. А. Микробиология, т. 18, вып. 6, 1949.
14. Красильников Н. А. Микробиология, т. 18, вып. 2, 1949.
15. Надсон Г. А. Arch. Hydrol, 19. 154, 1928.
16. Польшов Б. Б. Выветривание. Состав континентальных отложений (Тр. геологической ассоциации, в. 4), М.—Л., АН СССР, 1955.
17. Drew K. Papers from the Tortudas labor. of the Carnegie Inst. of Washington, 5, 7, 1914.
18. Kellerman K. F. and Smith N. R. Journ. Washington Acad. Sciences. V. 4, p. 400—402, 1914.
19. Molisch H. Zent. Blat fur Bakt. Hab. B. 65, H 6—13, se. 130, 1925.
20. Scheffer F., Ulrich B. und Hiestermann P. Zeitschr. für pflanz. Düng u Bodenk. Bd. 76 (121), 2, 1957.
21. Scheffer F., Ulrich B., Hiestermann P. Zeitschr. für pflanz. Düng u Bodenk. Bd. 78 (123), 8/3, 1957.
22. Scholz G. Zeitschr. für pflanz. Z. Düng und Bodenk. Bd. 76 (121), 2, 1957.