

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян

Количественное изменение связанных аминокислот  
 в различных органах хризантемы по фазам развития

(Сообщение II)

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Булятяном 6. VII 1959)

В ряде работ (1-6) установлено, что с переходом растений к цветению коренным образом изменяется состав свободных аминокислот, поступающих из листьев к конусам роста. Одна из основных причин формирования генеративных органов, по всей вероятности, должна быть связана именно с этим обстоятельством, так как аминокислоты являются теми веществами, которые дают качественно новые белки.

В этих исследованиях, к сожалению, не были предприняты попытки для выяснения изменения в составе связанных аминокислот в различных органах растений. Вряд ли можно допустить, что изменение состава свободных аминокислот в тех или иных органах осуществляется без участия конституционных или запасных белков клеток. Самое вероятное предположение должно заключаться в том, что появление новых аминокислот в клетках данного органа обусловлено наличием соответствующих белков, в результате которых освобождаются эти новые аминокислоты.

Исходя из этого предположения, нами в 1957—1958 гг. были предприняты некоторые исследования с целью выявления различия качественного состава запасных и конституционных белков клеток отдельных органов растений, находящихся на разных фазах развития.

Объектом нашего исследования являлась хризантема (сорт Монако), выращенная сначала в условиях длинного дня, а затем переставленная в различные сроки на короткий день для ускорения цветения.

В фазах вегетативного роста, цветения и отцветания с подопытных растений были взяты листья, корни, стебли и цветки для определения состава связанных аминокислот в гидролизатах белков. Последние экстрагировались 70% этанолом для получения альбуминов, глобулинов и проламинов, а затем 0,2% NaOH для выделения глюте-

линов, а нерастворимый остаток гидролизывался отдельно. Белки, экстрагируемые 70% этанолом, осаждались 2%  $\text{CCl}_3\text{COOH}$ , а остаток гидролизывался 8N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в кипящей водяной бане в течение 24 часов. Остаточная фракция, после экстракции 70% этанолом, экстрагировалась 0,2%  $\text{NaOH}$  и гидролизывалась вслед за нейтрализацией  $\text{NaOH}$  раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,1N). Дальнейшая обработка раствора аминокислот производилась таким же способом, как и при хроматографировании свободных аминокислот (3).

На первой хроматограмме (фиг. 1) иллюстрируется состав связанных аминокислот, обнаруженных в отдельных органах хризантемы, находящейся на различных фазах развития. Данные всех трех хроматограмм, а также приведенной таблицы показывают, что в фазе вегетации во всех органах растений не обнаруживается большого разнообразия в составе связанных аминокислот. Стебель и корень содержат по 14 аминокислот, листья — 15, а клетки конуса нарастания — 16. Во всяком случае, число обнаруженных аминокислот в гидролизатах сравнительно больше, по сравнению с числом свободных аминокислот, выявленных в тканях этих же органов растений в фазе вегетации (6).

Более интересны данные хроматограмм связанных аминокислот, выявленных в фазе цветения у различных органов растений (фиг. 2). Максимальное число связанных аминокислот обнаруживается в гидролизате белков, экстрагируемых 0,2%  $\text{NaOH}$ . Общий набор аминокислот во всех органах колеблется от 24 до 26. Этот факт уже свидетельствует, что переход растений к цветению характеризуется нарастанием числа связанных аминокислот, т. е. качественным изменением конституционных и запасных белков во всех органах и частях растений. В данном случае, численное увеличение свободных аминокислот у растений в фазе цветения, установленное нами еще раньше (6), следует рассматривать как показатель усиления гидролитического распада соответствующих белков растений. Отсюда логически вытекает, что цветению сначала предшествует образование сложных белков в клетках растений, затем их распад и выделение многочисленных и разнообразных аминокислот, обеспечивающих образование качественно новых белков в клетках верхушечной меристемы, а в дальнейшем — качественно новых органов из этих клеток. Таким образом влияние оптимального фотопериодического воздействия на растения, в первую очередь, выражается в том, что изменяется качество белковых компонентов клеток листьев, а затем корней и других органов. Наступление цветочного состояния растений обусловлено именно этим обстоятельством.

Подробное различие в составе связанных аминокислот, обнаруженных в гидролизате верхушечных почек цветущего и вегетирующего растения *Kalanchoe blossfeldiana*, установлено также Мецнером (7).

Такое повышенное содержание аминокислот в клетках листьев и других органов, однако, долго не продолжается. После отцветания

и высыхания цветков вновь уменьшается число связанных аминокислот (фиг. 3), что свидетельствует о полном распаде белков в разных органах растений в фазе цветения.

Численное изменение связанных аминокислот в различных органах растений по фазам развития более наглядно показано в приведенной ниже таблице.

Изменение числа связанных аминокислот в различных органах хризантемы, находящейся на разных фазах развития

| Фракция   | Фаза развития |         |       |                  |          |         |       |          |           |            |         |       |
|---|---------------|---------|-------|------------------|----------|---------|-------|----------|-----------|------------|---------|-------|
|   | Вегетация     |         |       |                  | Цветение |         |       |          |           | Отцветание |         |       |
|   | листья        | стебель | корни | конус нарастания | листья   | стебель | корни | лепестки | цветоложе | листья     | стебель | корни |
| 1. Гидролизат белков, растворимых в 70% этаноле           | 12            | 12      | 6     | 13               | 6        | 7       | 14    | 13       | 8         | 8          | 4       | 11    |
| 2. Гидролизат белков, растворимых в 0,2% NaO <sub>1</sub> | 12            | 11      | 11    | 11               | 12       | 20      | 13    | 19       | 12        | 12         | 12      | 6     |
| 3. Гидролизат нерастворимых белков                        | 13            | 13      | 13    | 12               | 7        | 8       | 8     | 14       | 2         | 10         | 12      | 10    |
| 4. Общий набор аминокислот                                | 15            | 14      | 14    | 16               | 25       | 24      | 25    | 26       | 24        | 14         | 14      | 14    |

Приведенные в таблице цифровые данные являются интересными в том отношении, что показывают, главным образом, изменение общего набора аминокислот, обнаруженных в различных органах растений по фазам их развития. В этом случае опять-таки максимальное число связанных аминокислот обнаруживается в фазе цветения, минимальное — в фазах вегетации и отцветания. В фазе цветения появляются следующие новые аминокислоты, не обнаруженные в остальных фазах: в листьях 3 аминоксахара (?) и 3 неидентифицированных аминокислоты,  $\gamma$ -аминоглутаровая кислота, метионин, глутамин и триптофан. В стеблях — 1 аминоксахар (?), глутамин, треонин и пролин. В корнях — 3 аминоксахара (?), 2 — неидентифицированных аминокислоты, серин и треонин.

В почках роста вегетирующих растений обнаружены аспарагин и глицин, отсутствующие в цветках. Оба они, по всей вероятности, диаминизируются, служа источником аминных групп в процессах вторичного синтеза белков.

Формирование качественно новых органов заключается, по-видимому, в образовании этих аминокислот, которые участвуют в синтезе качественно новых белков, составляющих живое содержимое клеток генеративных органов и цветков.

Фиг. 1. Хроматограмма связанных аминокислот хризантемы в фазе вегетативного роста.

I—конус нарастания; II—листья; III—корень; IV—стебель.

а) гидролизат белков, растворимых в 70% этаноле, х-неидентифицированной аминокислота; 1—лизин; 2—гистидин; 3—аспарагин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глицин; 6—глутаминовая кислота; 7— $\alpha$ -аланин; 8—пролин+ $\beta$ -аланин; 9— $\alpha$ -аминомасляная кислота; 10—тирозин; 11—валин; 12—фенилаланин; 13—лейцин.

б) гидролизат белков, растворимых в 0,2% NaOH.

1—цистеин+цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глутаминовая кислота; 6— $\alpha$ -аланин; 7— $\beta$ -аланин; 8— $\alpha$ -аминомасляная кислота; 9—тирозин; 10—валин; 11—фенилаланин; 12—лейцин.

в) гидролизат нерастворимых белков.

1—цистеин+цистин; 2—лизин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глутаминовая кислота; 6— $\alpha$ -аланин; 7— $\beta$ -аланин; 8—триптофан; 9—валин; 10—метионин; 11—фенилаланин; 12—изолейцин; 13—лейцин.

Фиг. 2. Хроматограмма связанных аминокислот хризантемы в фазе цветения.

I—лепестки, II—цветоложе, III—стебель, IV—листья, V—корень.

а) гидролизат белков, растворимых в 70% этаноле.

Х-неидентифицированные аминокислоты и аминосакхара: 1—цистеин+цистин; 2—гистидин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глицин; 6—глутаминовая кислота; 7— $\alpha$ -аланин; 8—9—пролин+ $\beta$ -аланин; 10— $\gamma$ -аминоглутаровая кислота; 11—валин; 12—фенилаланин; 13—изолейцин; 14—лейцин;

б) гидролизат белков, растворимых в 0,2% NaOH;

х-неидентифицированные аминокислоты и аминосакхара: 1—лизин; 2—гистидин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глутамин; 6—серин; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин; 9— $\alpha$ -аланин; 10— $\gamma$ -аминоглутаровая кислота; 11— $\alpha$ -аминомасляная кислота; 12—триптофан; 13—треонин; 14—валин; 15—метионин; 16—фенилаланин; 17—изолейцин; 18—лейцин.

в) гидролизат нерастворимых белков.

х-неидентифицированная аминокислота; 1—цистеин+цистин; 2—лизин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глицин; 6—глутаминовая кислота; 7— $\alpha$ -аланин; 8—пролин; 9— $\gamma$ -аминоглутаровая кислота; 10—тирозин; 11—триптофан; 12—валин; 13—фенилаланин; 14—изолейцин; 15—лейцин.

Фиг. 3. Хроматограмма связанных аминокислот хризантемы в фазе отцветания.

I—листья, II—корень, III—стебель.

а) гидролизат белков, растворимых в 70% этаноле.

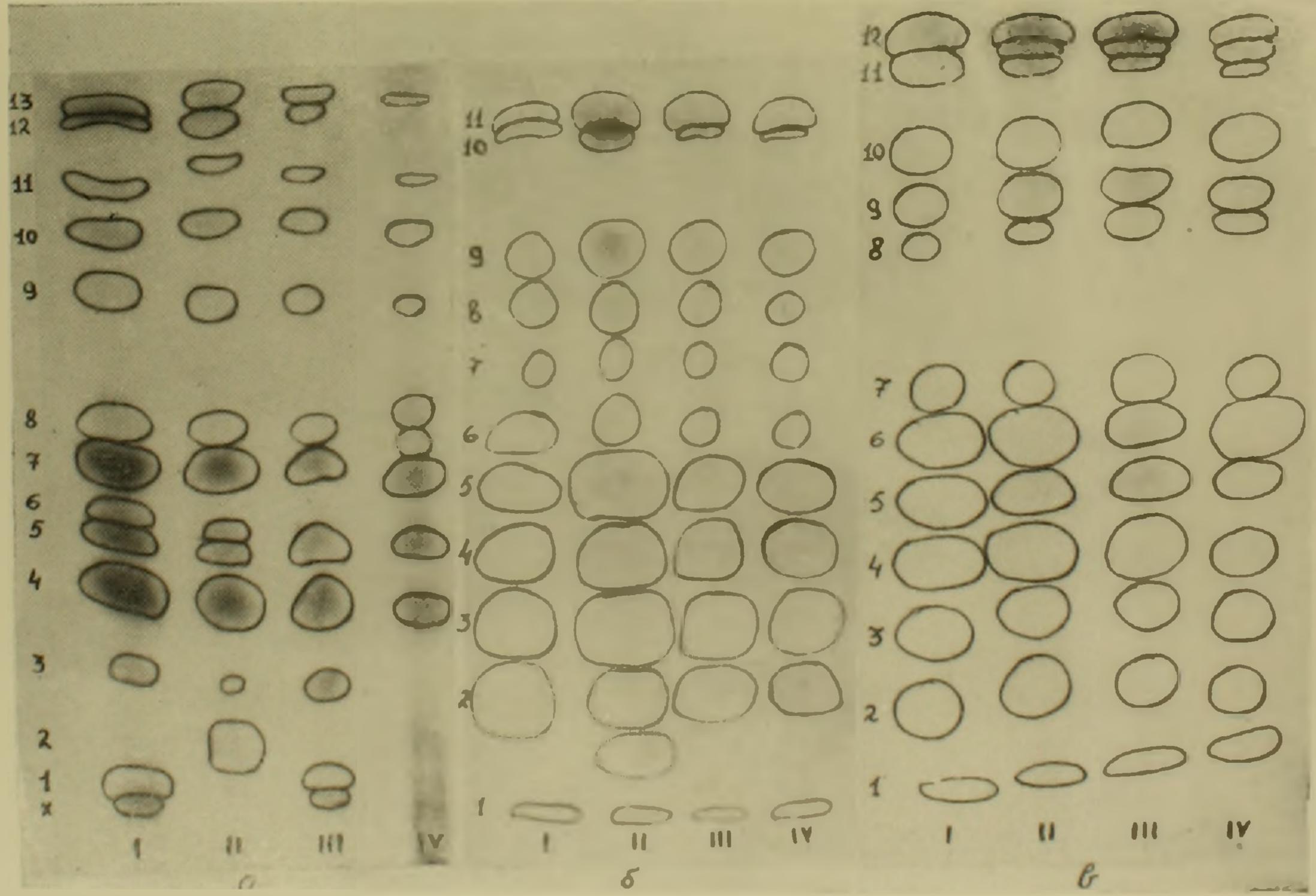
х-неидентифицированная аминокислота; 1—лизин; 2—гистидин; 3—аргинин; 4—аспарагиновая кислота; 5—глутаминовая кислота; 6— $\alpha$ -аланин; 7—пролин; 8—тирозин; 9—валин; 10—метионин; 11—лейцин.

б) гидролизат белков, растворимых в 0,2% NaOH.

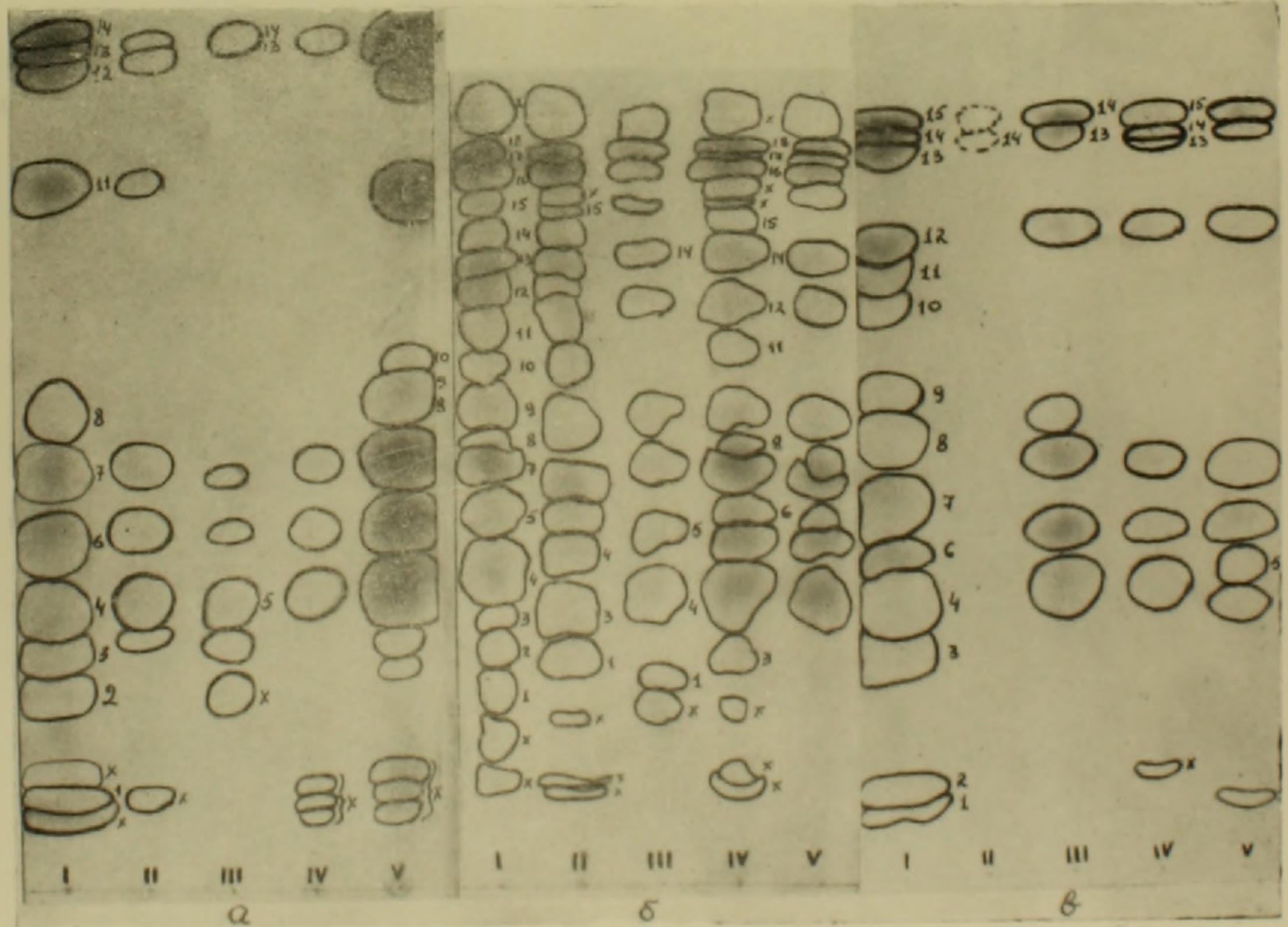
1—цистеин+цистин; 2—лизин; 3—аспарагиновая кислота; 4—глутаминовая кислота; 5— $\alpha$ -аланин; 6— $\beta$ -аланин; 7—тирозин; 8—триптофан; 9—валин; 10—метионин; 11—фенилаланин; 12—лейцин.

в) гидролизат нерастворимых белков.

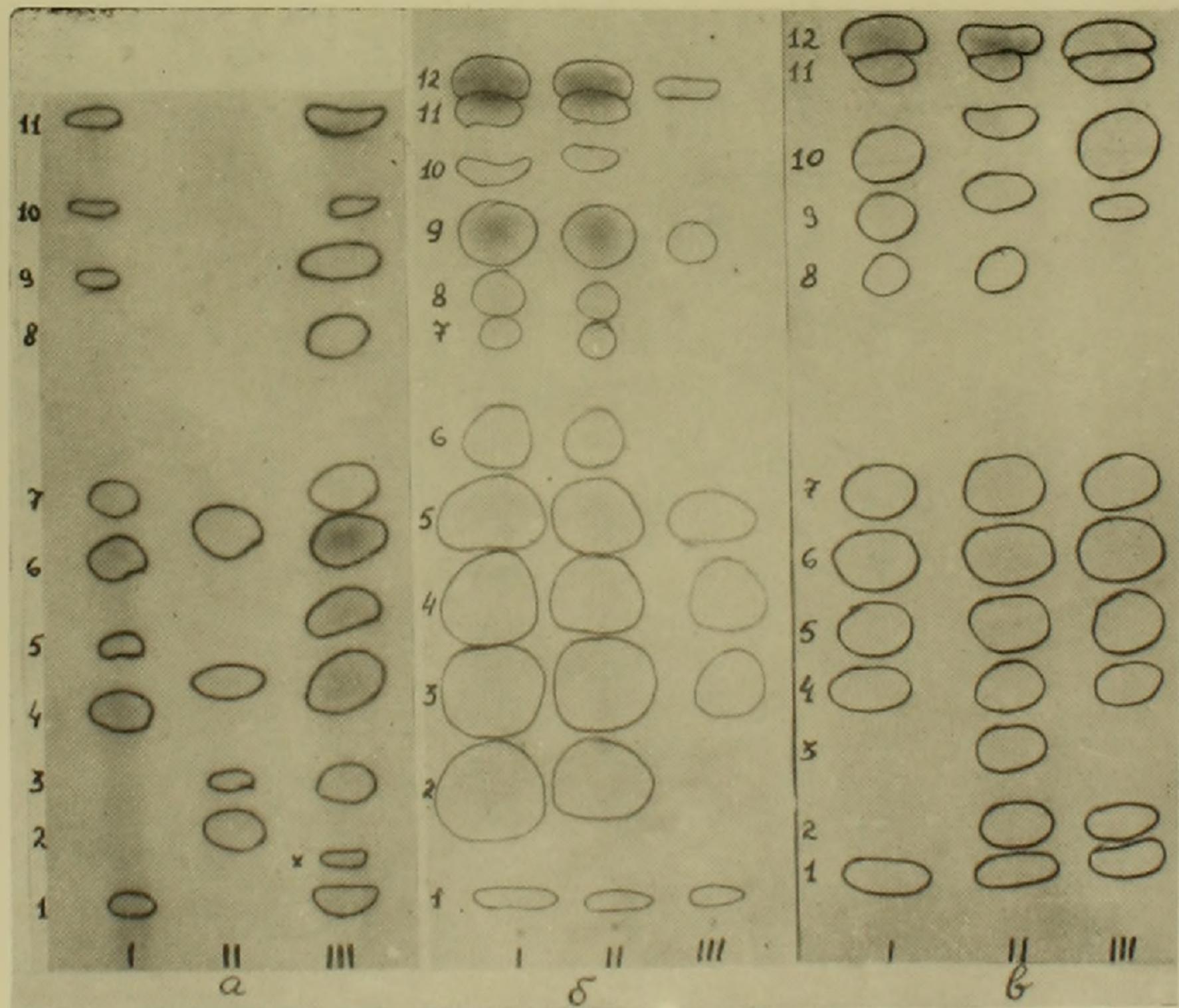
1—цистеин+цистин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аргинин; 5—аспарагиновая кислота; 7— $\alpha$ -аланин; 8—тирозин; 9—валин; 10—метионин; 11—фенилаланин; 12—лейцин.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Резюмируя полученные данные, мы приходим к выводу, что одним из важнейших коренных внутренних изменений, происходящих в клетках листьев растений в условиях оптимальных фотопериодов, является изменение качества конституционных и запасных белков. С усилением гидролитической направленности ферментов происходит распад этих белков и передача их составных компонентов (аминокислот) к растущим конусам нарастания, где происходят, с одной стороны, вторичный синтез белков, с другой — формообразовательные процессы. Появление многочисленных новых аминокислот в листьях и в других органах, по всей вероятности, является продуктом распада этих сложных белков или же продуктом обновления и разрушения последних.

Ботанический институт Академии наук  
Армянской ССР

#### Վ. Ն. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Է. Ս. ՇԱՎՈՒՆՋՅԱՆ ԵՎ Կ. Ն. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

### Խրիզանթեմի փոքրացրած խաբեր փուլերում նրա առանձին օրգաններում կապված ամինոթթուցների փոփոխության մասին

Մի շարք ուսումնասիրություններով ցույց է տրված, որ բույսի ծաղկման ժամանակ արմատապես փոփոխում է տերևներից զեպի աճման կոնները շարժվող ազատ ամինոթթուցների կապժը: Վերջիններս հանդիսանալով սպիտակուցների սինթեզի էլանյութ, անկասկած պետք է որ կարևոր դեր խաղան զենեքատիվ օրգանների առաջացման պրոցեսում:

Վերը նշված սպիտակուցություններում փորձ չի արվում ուսումնասիրելու կապված ամինոթթուցների կազմի փոփոխությունը բույսերի տարբեր օրգաններում: Իժվար է պատկերացնել, որ ազատ ամինոթթուցների կազմի փոփոխությունը կարող է տեղի ունենալ առանց պահեստային կամ կասուցվածքային սպիտակուցների մասնակցություն: Ամենահավանական ենթադրությունն այն է, որ այս կամ այն օրգանի բջիջներում նոր ամինոթթուցների ի հայտ գալը պայմանավորված է համապատասխան մեկ կամ մի քանի սպիտակուցների առկայությամբ, որոնց հիդրոլիզի հետևանքով ազատվում են այդ նոր ամինոթթուցները:

Նյունելով այս ենթադրությունից 1957—1958 թթ. մեր կողմից կատարվել են մի շարք հետազոտություններ, որոնց նպատակն է եղել պարզել զարգացման տարբեր փուլերում զտնվող բույսերի առանձին օրգաններում սպիտակուցների ամինոթթուցային կազմը: Մեր ուսումնասիրությունների առարկան հանդիսացել է Մոնակո սորտի խրիզանթեմը, որն օկզրում աճեցվել է երկար սրվա պայմաններում և ապա ծաղկումը արագացնելու նպատակով տեղափոխվել է կարճ սրվա պայմաններ: Բույսերի տարբեր օրգաններում խրոմատոգրաֆիկ եղանակով կատարվել է կապված ամինոթթուցների որոշումներ նրանց վեգետատիվ աճման, ծաղկման և ծաղկաթափման փուլերում:

Առաջված փորձնական տվյալների հիման վրա հեղինակները եկել են այն եզրակացություն, որ սպտիմալ ֆոտոպերիոդների պայմաններում բույսերի տերևների բջիջներում տեղի ունեցող ամենակարևոր և արմատական փոփոխություններից մեկը՝ դա նրանց սպիտակուցների որակի փոփոխությունն է: Ֆերմենտների հիդրոլիզոց ուզողության ուժեղացման հետևանքով այդ սպիտակուցները ձեղրվում են և նրանց բազադրիչ մասերը (ամինոթթուցները) տեղափոխվում են աճման կոնների բջիջները, որտեղ տեղի է ունենում մի կողմից սպիտակուցների երկրորդային սինթեզ, մյուս կողմից էլ ձևափոխման պրոցեսներ: Տերևներում և այլ օրգաններում բազմաթիվ նոր ամինոթթուցների հանդես գալը, ամենայն հավանականությամբ, հանդիսանում է այդ բարդ սպիտակուցների բայրայան արդյունք:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Ч Р Ц Ц Ե Ռ Ր Ք Յ Ո Ր Ե

<sup>1</sup> Мецнер, Abh. Dtsch. Akad. Wiss. Math. Phys., 2, 19, 1954. <sup>2</sup> Миэттинен, Suom. tied. toimit., А. П., 1955. <sup>3</sup> В. О. Казарян и Э. С. Авунджян, ДАН АрмССР, т. XXVII, IV, 2 (1958). <sup>4</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР, XXVI, IV, 5 (1958). <sup>5</sup> В. О. Казарян и Э. С. Авунджян, ДАН АрмССР, т. XXVIII, IV, 3 (1959). <sup>6</sup> В. О. Казарян, Э. С. Авунджян и К. А. Карапетян, ДАН АрмССР (в печати). <sup>7</sup> Мецнер, Abh. Dtsch. Akad. Wiss. Kl., Chem. Geol. u. Biol. 5, 1955.