

Л. А. Араратян

## СОДЕРЖАНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (K, Na, Rb, Li) В РАСТЕНИЯХ, ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ПОЧВЫ И ГИДРОПОНИКИ

(По заданию и под общим руководством Г.С.Давтяна)

По своим свойствам рубидий более всего близок к калию и поэтому часто используется как индикатор (метка) для изучения динамики поглощения калия растениями из окружающей среды (почва, питательный раствор). В то же время применяется поправочный коэффициент, поскольку их поведение не совсем идентично. Еще Пирсон и Ричардс (1,2) отмечали, что при недостатке калия рубидий может отчасти замещать его. Это подтвердилось и в наших исследованиях (3) Т. Ф. Боровик-Романова (4) приводит данные, показывающие, что для морских водорослей и пресноводных растений порядок содержания рубидия тот же, что и для наземных растений. Это указывает на то, что независимо от содержания в среде обитания, растения приспособились извлекать рубидий в одинаковых количествах. Рубидий, как и калий, накапливается в растущих, новообразующихся частях растений. Все это указывает на необходимость в определенных количествах рубидия для растений (5).

Из литературных данных известно (4), что содержание рубидия в травянистой растительности составляет в среднем  $6,4 \cdot 10^{-4}\%$  (на сырой вес) и колеблется для разных видов в пределах одного порядка; в древесной растительности оно несколько ниже ( $2,9 \cdot 10^{-4}\%$ ), при этом установлено, что больше всего рубидия накапливается в листьях и хвое ( $4,4 \cdot 10^{-4}\%$ ) по сравнению с корнями, стволами и ветвями ( $1,4 \cdot 10^{-4}\%$ ). Алексахин и др. (5) отмечают уменьшение содержания рубидия в листьях и хвое, связанное с их возрастом.

Исследованиями Иванова установлено (6) повышенное содержание рубидия в некоторых культурных растениях по сравнению с дикорастущими, на основании чего было высказано предположение, что рубидий, очевидно, является физиологически необходимым элементом для развития культурной растительности. Установлено также (4), что существуют растения-концентраторы, в которых его содержание достигает  $10^{-3}\%$ .

Содержание лития в растениях (7) колеблется по сравнению с содержанием рубидия в более широких пределах ( $2 \cdot 10^{-5}$  –  $1,5 \cdot 10^{-2}\%$  в золе). По данным Иванова (6), содержание лития в золе некото-

рых культурных растений составляет  $0,2-0,8 \cdot 10^{-3}\%$ , а в древесной растительности —  $1 \cdot 10^{-3}\%$ . Для растений сенокосов и пастбищ содержание лития (8) составляет:  $5,5 \cdot 10^{-4}\%$  — для злаков,  $6,5 \cdot 10^{-4}\%$  — для бобовых,  $6,7 \cdot 10^{-4}\%$  — для осоковых и разнотравья; водоросли и тростник обыкновенный являются концентраторами лития. Риш и Ездакова установили (9), что дереза концентрирует большие количества лития (до  $0,42\%$  в золе). Виноградов (10) выделил литиевую флору (семейства пасленовых, лютиковых и солянок), накапливающую до  $7,5 \cdot 10^{-3}\%$  лития на золу. Бертран (цитировано по Ездаковой — (11)) считает, что накопление лития зависит от высоты над уровнем моря и влажности почвы.

Целью наших исследований было установить содержание рубидия и лития в некоторых растениях и их распределение в сравнении с К и Na в зависимости от условий выращивания.

Объектами исследований явились: томат, перец, сахарная свекла, алоэ<sup>х</sup>. Выбор объектов не случаен: исследовались растения, сильно различающиеся как по морфологическому строению, так и по функциональному значению отдельных органов.

Все почвенные растения выращивались на бурой карбонатной почве, на участке, примыкающем к гидропоническим установкам, чем и обеспечивались одинаковые климатические условия для почвенных и гидропонических растений.

Исследования по гидропоническому выращиванию различных культур уже длительное время и с большим успехом проводятся в Институте агрохимических проблем и гидропоники под руководством Г.С. Давтяна (12).

Растения выращивались в условиях открытой гидропоники. Наполнителями служили гравий, вулканический шлак, пемза и их смеси. Питательный раствор составлен по рецепту Давтяна (13). В состав питательных веществ натрия, рубидия и лития не входят; они содержатся в воде, в минеральных солях (в виде загрязнений) или вымываются из наполнителей. Определения рубидия, лития и натрия проводили методом количественного спектрального анализа (14). Калий определяли методом пламенной фотометрии.

Полученные данные приведены в табл. 1. Ниже мы рассмотрим эти данные по отдельным культурам.

Овощные культуры (томат, перец). Данные показывают, что у томата наибольшим содержанием калия отличаются плоды. По количеству калия органы томата составляют ряд: плоды > стебли > листья + черешки > корни, при этом для гидропонических растений отмечается повышенное содержание его в листьях, стеблях и корнях по сравнению с почвенными растениями. Объясняется это, очевидно, лучшей обеспеченностью гидропонических растений калием. Для растений перца картина несколько иная — наибольшее содержание калия здесь находится в листьях (с черешками), а наименьшее — в корнях.

<sup>х</sup>Образцы растений для анализа и данные процентного содержания золы в сухом в-ве любезно предоставлены нам М. А. Бабаханяном и О. Б. Гаспарян.

Таблица 1.

Содержание щелочных элементов в растениях, выращенных в условиях почвы и гидропоники

| Культура, фаза               | Способ выращивания и время взятия образца | Органы растений | Содержание в абс. сух. в-ве, % |       |                  |                  |
|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------|------------------|------------------|
|                              |                                           |                 | K                              | Na    | Rb ( $10^{-3}$ ) | Li ( $10^{-3}$ ) |
| Перец (созревание)           | Почва 19/УШ-74г.                          | плоды           | 3,6                            | 0,009 | 0,37             | 0,04             |
|                              |                                           | листья+черешки  | 5,4                            | 0,04  | 1,0              | 3,3              |
|                              |                                           | стебли          | 4,9                            | 0,02  | 0,48             | 0,54             |
|                              |                                           | корни           | —                              | —     | —                | —                |
|                              | Гидропоника 27/1Х-74г.                    | плоды           | 2,9                            | 0,02  | 0,40             | 0,0008           |
|                              |                                           | листья+черешки  | 5,0                            | 0,03  | 0,66             | 2,6              |
|                              |                                           | стебли          | 2,3                            | 0,17  | 0,17             | 0,03             |
|                              |                                           | корни           | 1,2                            | 0,03  | 0,53             | 1,3              |
| Томаты (созревание)          | Почва 23/1Х-74г.                          | плоды           | 5,0                            | 0,03  | 0,65             | 0,04             |
|                              |                                           | листья+черешки  | 1,4                            | 0,08  | 0,63             | 0,80             |
|                              |                                           | стебли          | 1,7                            | 0,12  | 0,44             | 0,17             |
|                              |                                           | корни           | 0,93                           | 0,23  | 0,57             | 0,37             |
|                              | Гидропоника 28/МШ-74г.                    | плоды           | 4,6                            | 0,04  | 0,27             | 0,03             |
|                              |                                           | листья+черешки  | 2,7                            | 0,18  | 0,52             | 0,84             |
|                              |                                           | стебли          | 2,9                            | 0,16  | 0,34             | 0,09             |
|                              |                                           | корни           | 1,5                            | 0,52  | 0,42             | 0,32             |
| Сахарная свекла (созревание) | Почва 5/1Х-74г.                           | листья          | 4,2                            | 0,99  | 1,6              | 1,1              |
|                              |                                           | черешки         | 8,0                            | 2,0   | 1,9              | 0,28             |
|                              |                                           | корнеплоды      | 2,1                            | 0,15  | 0,48             | 0,03             |
|                              |                                           |                 |                                |       |                  |                  |
|                              | Гидропоника 5/1Х-74г.                     | листья          | 3,3                            | 0,94  | 1,0              | 1,1              |
|                              |                                           | черешки         | 4,5                            | 0,67  | 1,3              | 0,24             |
|                              |                                           | корнеплоды      | 1,8                            | 0,18  | 0,41             | 0,01             |
|                              |                                           |                 |                                |       |                  |                  |
| Алоэ (вегетация)             | Почва                                     | листья          | 5,5                            | 0,56  | 0,42             | 0,56             |
|                              |                                           | стебли          | 2,6                            | 1,16  | 0,33             | 0,11             |
|                              |                                           | корни           | —                              | 0,33  | 0,52             | 0,13             |
|                              |                                           |                 |                                |       |                  |                  |
|                              | Гидропоника                               | листья          | 3,8                            | 0,56  | 0,72             | 0,28             |
|                              |                                           | стебли          | 1,8                            | 0,29  | 0,48             | 0,07             |
|                              |                                           | корни           | 1,4                            | 0,41  | 1,1              | 1,2              |
|                              |                                           |                 |                                |       |                  |                  |

Содержание натрия в исследуемых овощах колеблется в пределах 0,01–0,52%, при этом накопление его в растениях томата выше.

нем в перце. Для обеих культур характерно повышенное содержание Na в гидропонических растениях по сравнению с почвенными.

Общеизвестно, что натрий, как правило, накапливается в корнях растений, однако для гидропонических растений перца этого не наблюдается; к сожалению, мы не смогли установить, зависит ли это от условий выращивания, или вообще свойственно растениям перца, поскольку не имеем данных для корней. Содержание натрия в почвенных растениях томата по органам составляет следующий ряд: корни > стебли > листья > плоды. Для гидропонических растений томата порядок несколько изменяется: корни > листья ≥ стебли > плоды.

Содержание рубидия в томате и перце колеблется в небольших пределах ( $0,17-0,66 \cdot 10^{-3}\%$ ); в листьях почвенных растений перца оно достигает  $1 \cdot 10^{-3}\%$ . Четко выраженных различий в распределении рубидия по органам не наблюдается. В почвенных растениях томата содержание рубидия выше, чем в гидропонических. Объясняется это, очевидно, лучшей обеспеченностью почвенных растений рубидием, поскольку в состав питательного раствора он не входит.

Содержание лития в растениях по органам варьирует в очень широких пределах ( $0,03-3,3 \cdot 10^{-3}\%$ ), опускаясь даже до  $0,0006 \cdot 10^{-3}\%$ . Распределение лития по органам выражено довольно четко: листья (с черешками) > корни > стебли > плоды. Характерно, что по сравнению с другими органами, содержание лития в плодах намного ниже.

Таким образом, в отличие от своего ближайшего аналога — натрия, литий проявляет выраженную физиологическую активность в растениях томата и перца.

Сахарная свекла. В связи со специфичностью сахарной свеклы (сильно укороченный стебель, наличие корнеплода, а в функциональном отношении — накопление сахара и пр. и пр.), наблюдаются и определенные различия в потребности ее в различных элементах, в т.ч. в щелочных. Многими работами показана потребность сахарной свеклы в натрии, который способствует увеличению сухого веса и сахаров (15), независимо от дозы калия; такой же эффект получался и от внесения рубидия в состав питательного раствора; натрий и рубидий, кроме того, увеличивали размер листовой пластинки. Имеются указания на то, что литий повышает гидрофильность коллоидов и плазмы, благодаря чему повышается также поглощающая способность и водоудерживающая сила сахарной свеклы (16). Литий положительно влияет на сахаристость и урожайность сахарной свеклы (17).

Наши данные показали (табл. 1), что в сахарной свекле наибольшее количество калия, независимо от способа выращивания, находится в черешках. Содержание его в корнеплоде наименьшее.

В отличие от многих растений, содержание натрия в надземной части (листья, черешки) выше, чем в корнеплоде. Это, вероятно, связано с определенной физиологической ролью натрия в растениях сахарной свеклы. Содержание натрия в сахарной свекле на порядок выше, чем в растениях томата и перца.

Содержание рубидия в сахарной свекле также выше по сравнению с другими исследуемыми культурами и составляет  $0,4-2 \cdot 10^{-3}\%$ , при этом наибольшее количество его (как и калия) находится в черешках, и наименьшее – в корнеплоде. Содержание рубидия в гидропонических растениях меньше, чем в растениях на почвенном контрольном участке.

Распределение лития по органам растения сахарной свеклы также довольно четкое: листья > черешки > корнеплоды. Существенных различий в его содержании, в зависимости от разных способов выращивания, не отмечается.

Алоэ – многолетнее травянистое суккулентное лекарственное растение. Распределение калия соответствует ряду: листья > стебли > корни (для почвенных растений данных по калию не имеем). В гидропонических растениях содержание калия меньше, чем в почвенных.

В отличие от вышеисследованных культур, содержание натрия в растениях алоэ наибольшее в листьях и наименьшее в корнях, при этом колебания в содержании его по органам небольшие и лежат в пределах одного порядка ( $0,16-0,56\%$ ).

Содержание рубидия в растениях обусловлено содержанием в питающей среде не только рубидия, но и калия. Было замечено повышенное накопление рубидия в растениях при небольшом содержании в них калия (3), что, вероятно, связано со способностью рубидия замещать некоторые функции калия в растениях. Этим, очевидно, следует объяснить тот факт, что в почвенных растениях алоэ, содержащих больше калия по сравнению с гидропоническими, содержание рубидия меньше. Интересно также отметить, что в отличие от других растений, наибольшее содержание рубидия в алоэ отмечено в корнях и характеризуется следующим рядом: корни > листья > стебли.

Содержание лития в алоэ колеблется в основном в пределах  $0,1 \cdot 10^{-3}\%$ , при этом в листьях оно выше, чем в корнях; содержание лития в корнях гидропонических растений значительно (в 9 раз) выше, чем в почвенных.

Характер распределения щелочных элементов наиболее четко отражается в величине ОСОР – относительное содержание элементов в одном органе по сравнению с другим (18). По Сабинину (19), характер распределения элементов в растениях может быть акропетальным или базипетальным; при акропетальном распределении наибольшее содержание химических элементов отмечается в корнях и стеблях, а наименьшее – в листьях; при базипетальном распределении содержание их уменьшается от листьев к стеблям и корням.

В наших исследованиях при определении характера распределения элементов в растениях сравнительным органом являлись корни исследуемых культур.

Данные показывают (табл. 2), что для калия характерен базипетальный тип распределения – ОСОР калия во всех случаях больше единицы. Активная физиологическая роль присуща также литию: несмотря на то, что его ОСОР во многих случаях меньше 1, однако в листьях, за редким исключением, он превышает единицу, доходя даже до

100 и выше (для сахарной свеклы). ОСОР натрия для сахарной свеклы также выше единицы, тогда как для других культур он или меньше единицы (томат), или колеблется около единицы (перец, алоэ).

Выделяется сахарная свекла и в отношении рубидия – его ОСОР также выше единицы, тогда как в остальных культурах он или меньше единицы (алоэ) или колеблется около единицы (перец, томат).

Рубидию, также как и литию, свойственна определенная физиологическая активность – ОСОР его для листьев исследуемых культур, за исключением алоэ, выше 1.

В табл. 3 приведены данные сравнительного содержания щелочных элементов в травянистой растительности (3) и вышеисследованных культурах (в надземной части).

Таблица 2

Относительное содержание щелочных элементов в органах растений (ОСОР) томата, перца, сахарной свеклы и алоэ, выращенных в условиях почвы и гидропоники

| Культура        | Условия выращивания | Отношение надзем. орган/корни | Величина ОСОР для щелочных элементов |      |     |        |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------|-----|--------|
|                 |                     |                               | K                                    | Na   | Rb  | Li     |
| Перец           | Гидропоника         | пл/к                          | 2,4                                  | 0,7  | 0,8 | 0,0005 |
|                 |                     | л+ч/к                         | 4,2                                  | 1,0  | 1,2 | 2,0    |
|                 |                     | ст/к                          | 1,9                                  | 5,7  | 0,3 | 0,02   |
| Томаты          | Почва               | пл/к                          | 5,4                                  | 0,1  | 1,1 | 0,1    |
|                 |                     | л+ч/к                         | 1,5                                  | 0,3  | 1,1 | 2,1    |
|                 |                     | ст/к                          | 1,8                                  | 0,5  | 0,8 | 0,5    |
|                 | Гидропоника         | пл/к                          | 3,1                                  | 0,08 | 0,6 | 0,1    |
|                 |                     | л+ч/к                         | 1,8                                  | 0,4  | 1,2 | 2,6    |
|                 |                     | ст/к                          | 1,9                                  | 0,3  | 0,8 | 0,3    |
| Сахарная свекла | Почва               | л/к                           | 2,0                                  | 6,6  | 3,3 | 36,7   |
|                 |                     | чер/к                         | 3,8                                  | 13,3 | 4,0 | 9,3    |
|                 | Гидропоника         | л/к                           | 1,8                                  | 5,2  | 2,4 | 110    |
|                 |                     | чер/к                         | 2,5                                  | 3,7  | 3,2 | 24     |
| Алоэ            | Почва               | л/к                           | –                                    | 1,7  | 0,8 | 4,3    |
|                 |                     | ст/к                          | –                                    | 0,5  | 0,6 | 0,8    |
|                 | Гидропоника         | л/к                           | 2,7                                  | 1,4  | 0,6 | 0,2    |
|                 |                     | ст/к                          | 1,3                                  | 0,7  | 0,4 | 0,06   |

Условные обозначения: к – корни, пл – плоды, ст – стебли, л – листья, ч – черешки.

Данные показывают некоторое преобладание калия в растениях овощей, сахарной свеклы и алоэ по сравнению с дикорастущей травя-

нистой растительностью (3). Довольно четкие различия получены для натрия: если в травянистой растительности количество его не превышает 0,04%, то для исследуемых культур оно составляет примерно 0,01–1,0%. Возможно, это отчасти объясняется повышенным содержанием натрия в воде, которой совершался полив и на основе которой составлен питательный раствор: наши данные показали, что содержание Na в воде составляет 40 мг/л, тогда как в дождевой воде оно по сезонам колеблется в пределах 2–4 мг/л. Вероятно, этим в определенной степени обуславливается также повышенное содержание лития в исследованных культурах по сравнению с травянистой растительностью:

Таблица 3

Содержание щелочных элементов в надземной части травянистой растительности и исследуемых культур (томаты, перец, сахарная свекла, алоэ) в условиях АрмССР

|                                      | % на абс. сух. вещ-во |           |                  |                  |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------|------------------|------------------|
|                                      | K                     | Na        | Rb ( $10^{-3}$ ) | Li ( $10^{-3}$ ) |
| Луговая травянистая растительность   | 1–3                   | 0,01–0,04 | 0,2–6            | 0,04–0,28        |
| Томаты, перец, сахарная свекла, алоэ | 3–4                   | 0,01–1,0  | 0,3–1            | 0,1–1            |

Общеизвестно, что литий и натрий, обладающие меньшим ионным радиусом по сравнению с калием и рубидием, интенсивнее вымываются из почвы, в результате чего воды обогащаются этими элементами. Эта картина наиболее четко прослеживается для натрия; определенную роль здесь играет содержание данного элемента в почве: было показано, что микроколичества щелочных элементов закрепляются в почвах сильнее, чем макросодержания (20).

Порядок содержания рубидия в травянистой растительности и исследованных культурах близок, при этом большее содержание рубидия в травах обусловлено внешними факторами: содержанием его в почве (лесная зона), или недостаточным содержанием в почве калия (Арагац), в силу чего растения избирательно поглощают рубидий для возмещения недостатка калия (21).

Большее содержание рубидия в сахарной свекле (по сравнению с овощами и алоэ), очевидно, определяется спецификой самой культуры.

### В ы в о д ы

1. Содержание калия в различных органах растений томата, перца, сахарной свеклы и алоэ колеблется в основном в пределах 1–5% при этом в корнях оно наименьшее. В зависимости от специфики

культуры распределение калия в надземной части меняется: наибольшее количество его в листьях отмечается для перца и алоэ, в плодах — для томата, в черешках — для сахарной свеклы. Условия выращивания (почвенные или гидропонические) оказывают определенное влияние как на содержание калия (томат, алоэ), так и на его распределение в надземной части (перец).

2. Содержание натрия колеблется в основном в пределах сотых (овощи) и десятых (сахарная свекла, алоэ) долей процента. Распределение натрия в растениях неодинаково: для томата и алоэ наблюдается акропетальный характер распределения, а для сахарной свеклы — базипетальный, что связано с особой потребностью сахарной свеклы в щелочных элементах. Для перца четкой картины не наблюдается.

3. Содержание рубидия в культурных растениях лежит в том же пределе, что и для дикорастущих травянистых растений —  $0,1-10^{-3}\%$ , при этом наибольшее содержание его среди исследованных культур наблюдается у сахарной свеклы. Содержание рубидия в листьях и черешках (за исключением алоэ) выше по сравнению с другими органами и указывает на базипетальный характер его распределения.

4. Содержание лития в исследованных культурах на порядок меньше по сравнению с рубидием. Наибольшее накопление лития наблюдается в листьях (за исключением алоэ), что указывает на определенную физиологическую активность лития в растениях.

## Լ. Ա. Արարատյան

ԱՆԿԱԼԻԱԿԱՆ ՏԱՐԻԵՐԻ (K, Na, Rb, Li) ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀՈՂԱ-  
ՅԻՆ ԵՎ ՀԻԴՐՈՊՈՆԻԿ ՊԵՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԱՃԵՑՎԱԾ ԲՈՒՑՍԵՐԻՆ  
ՄԵՋ

### Ամփոփում

Հետազոտվել է ալկալիական տարրերի պարունակությունը գորշ կարբոնատային և քացօքյա հիդրոպոնիկայի պայմաններում անցված լուիկի, տաֆդեղի, շաֆարի նակնդեղի և հալվեի բույսերի մեջ:

Կալիումի պարունակությունը նվազագույնն է արմատներում: Հետազոտվող մշակույթների յուրահատկության հետ կապված մատրիումը ցուցաբերում է ալրոպետալ (լուիկ, հալվե) կամ բադիպետալ (շաֆարի նակնդեղ) բնույթի բաշխում: Րբ-ի պարունակությունը տատանվում է  $0,1-10^{-3}-10^{-3}$  տոկոսի սահմաններում, որը մեկ կարգով գերակշռում է լիտիումի պարունակությանը: Րբ-ը և Li-ը առավելագույն կուտակվում են տերևներում: Հայտնաբերվել է անցման պայմանների որոշակի ադեպտություն ինչպես ալկալիական տարրերի պարունակության, այնպես էլ նրանց՝ ըստ բույսերի օրգանների տեղաբաշխման վրա:

# THE CONTENTS OF ALKALIC ELEMENTS IN PLANTS GROWN IN THE SOIL AND HYDROPONICS

## Summary

Studies were carried out on the contents on alkalic elements in tomato, pepper, sugar-beet and aloe plants grown in brown carbonaceous soil and in hydroponics.

The contents of K is the lowest in the roots. According to the characteristics of the plants experimented, the Na is distributed either agropetally (tomato, aloe) or basipetally (sugar-beet). The contents of Rb oscillates in the limits of  $0.10^{-3}$ — $n.10^{-3}\%$  which exceeds by one row the contents of Li. The Rb and Li mostly accumulate in the leaves. The conditions of growth have shown to have left a definite effect on the contents of alkalic elements as well as on their distribution according to the various organs of plants.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. Pirson. Über der Wirkung von Alkaliionen auf Wachstum und Stoffwechsel von chlorella. „Planta“, 29, 1939. 231.
2. F. V. Richards. Physiological studies in plant nutrition. „Annals of Botany“, new. ser., 5, 18, 1941. 263—296.
3. Л. А. Араратян. Миграция щелочных элементов (K, Na, Rb, Li) в системе почва-растение в условиях АрмССР. Канд. дис. Ереван, 1974.
4. Т. Ф. Боровик — Романова. Рубидий в биосфере. „Тр. биогеохим. лаборатории АН СССР“, т. 8, с. 145—180.
5. Р. М. Алексахин, В. Ф. Гольцев, Л. О. Карпачевский. О поведении в почве и распределении в древесной растительности щелочных и щелочноземельных элементов. „Почвоведение“, № 5, 1971, с. 73—85.
6. Д. Н. Иванов. Содержание редких щелочных элементов в почвах. „Почвоведение“, № 2, 1954, с. 32—45.
7. Б. И. Бодунков. К вопросу о распространении лития в растениях. „Тр. биогеохим. лаборатории АН СССР“, т. 5, 1939.
8. Ю. И. Загибалов. Содержание лития в растениях. Сб. „Микроэлементы в Сибири“, вып. 8, 1970, с. 28—30.
9. М. А. Риш, Л. А. Ездакова. К вопросу химической экологии дерезы русской. „Тр. биогеохим. лабор. АН СССР“, т. 11, М., 1960.
10. А. П. Виноградов. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1957.
11. Л. А. Ездакова. К биогеохимии лития. „Биогеохимия растений“, Тр. Бурятского института естественных наук, Вып. 2, Улан-Удэ, 1969, с. 50—66.
12. Г. С. Давтян. Гидропоника как производственное достижение агрохимической науки. Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1969,

13. Г. С. Давтян. Гидропоника. "Справочная книга по химизации сельского хозяйства". Изд-во "Колос", М., 1969.
14. Л. А. Араратян, Г. М. Мкртчян. Методика количественного спектрального анализа K, Na, Rb, Li в почвах, почвенных вытяжках и растениях. В настоящем сборнике.
15. Sheikh Adel, M. Broyr. Interaction of rubidium, sodium and potassium on the nutrition of sugar beets. plants. „Plant Phys," 46. 5. 1970, 645-649.
16. Д. А. Головина. Содержание лития в почвах Украины и влияние его как микроэлемента на урожай и сахаристость сахарной свеклы. (Автореф. канд. дисс.), Харьков, 1964.
17. А. М. Гринченко, Л. П. Головина. Изменения в биогеохимических особенностях сахарной свеклы под влиянием микроэлемента. Сб. "Микроэлементы в биосфере и их применение в с.х. и медицине Сибири и Дальнего Востока", Улан-Удэ, 1967, с.313.
18. А. Л. Ковалевский. О биогеохимических параметрах растений и некоторых особенностях изучения их. "Биогеохимия растений", Тр. Бурятского ин-та естественных наук, вып. 2, Улан-Удэ, 1969, с. 195-214.
19. Д. А. Сабинин. Физиологические основы питания растений. М., АН СССР, 1955.
20. А. А. Титлянова. О поведении цезия и рубидия в почвах. "Почвоведение", № 3, 1962, с. 83-81.
21. В. Л. Ананян, Л. А. Араратян. Особенности накопления щелочных элементов растениями горных лугов под влиянием удобрений. В настоящем сборнике.