

✓
Министерство народного образования Таджикской ССР

ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В. И. ЛЕНИНА

12872

На правах рукописи

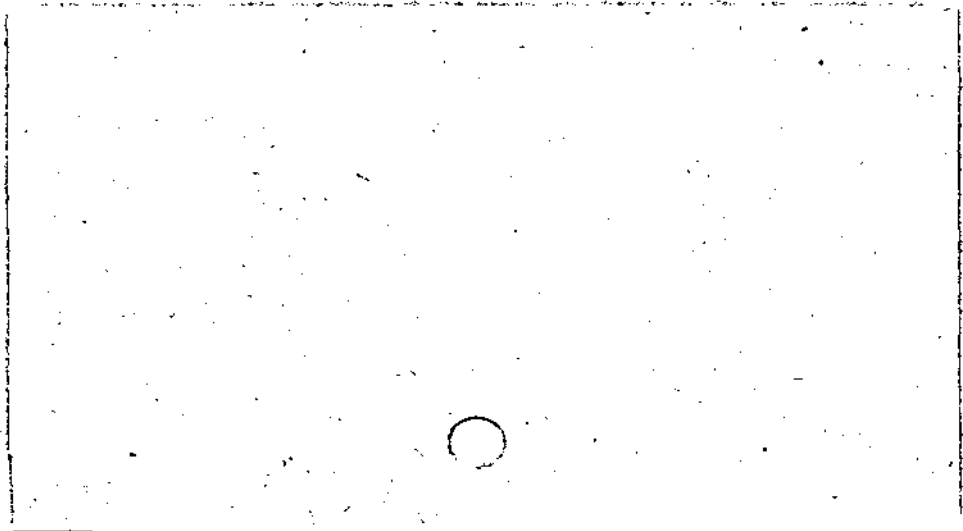
Л. А. Ездакова

**ЛИТИЙ В РАСТЕНИЯХ, ВЛИЯНИЕ ЕГО
НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ И УРОЖАЙ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Душанбе — 1962 г.

Сентенца.



Министерство народного образования Таджикской ССР

ТАДЖИКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени В. И. ЛЕНИНА

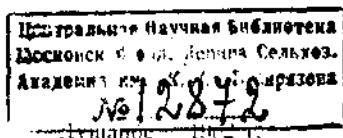
На правах рукописи

Л. А. Бадамова

ЛИГИЙ В РАСТЕНИЯХ, ВЛИЯНИЕ ЕГО
НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ И УРОЖАЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук



Работа выполнена на кафедре физиологии растений и в лаборатории биохимии Самаркандского государственного университета имени Алишера Навои.

Научный руководитель — доктор биологических наук профессор Д. Б. АСТАНОВ.

Защита состоится на объединенном Совете по присуждению учёных степеней при Таджикском государственном университете имени В. И. Ленина «___» _____ 1962 г.

Автореферат разослан «___» _____ 1962 г.

В решении XXII съезда ВАСХНИЗ записано, что удовлетворение потребностей населения в сельскохозяйственных продуктах необходимо осуществлять за счет повышения урожаев, получения максимальных количеств продукции с каждого гектара земли.

Практика показывает, что в выполнении этой задачи огромное значение имеет правильное регулирование режима минерального питания растений, т. е. использование минеральных удобрений и микроудобрений в частности.

Литий широко распространен в земной коре. Подвижные соединения его, попадая в растения, вызывают определенные физиологические воздействия. Однако характер последних до сих пор остается не ясным. А. О. Войнар (1960) пишет, что за недостаточностью данных нельзя еще общительно судить о том, является ли литий биоглиментом.

Можно считать, что начало исследованиям по влиянию лития на растения было положено экспериментами J. A. Voelcker'a (1900, 1901, 1904). Предпосылкой для них послужили сообщения Bunsen'a и Kitchhoff'a, а также других авторов (Birner und Lucasius, 1866; W. O. Focke, 1873; E. Tschermak, 1899) о наличии лития в растениях.

Историю изучения влияния лития на растения, с нашей точки зрения, можно разбить на 3 периода. Первый период с 1909 по 1920 г. характеризуется повышенным интересом к широко распространенному и малоизученному элементу литию (J. A. Voelcker, 1910, 1912a; C. Ravenna and M. Zamorani, 1909; C. Ravenna and A. Maugini, 1913; L. Felgi, 1910; P. D. Hahn, 1916; C. Gerber, 1912; T. Porodko, 1911; T. Bokorny, 1912; G. Riviere and G. Balbache, 1914; H. Frerking, 1915; W. O. Robinson, L. A. Steinkoenig and C. J. Miller, 1917; G. T. Splinks, 1913; G. M. Reed, 1915; W. H. Rankin, 1917; C. Rumbold, 1920 и другие). Во второй период (с 1921 по 1940 г.) интерес к литию ослабевает, т. к. большинство исследователей пришло к выводу о целесообразности использования его как удобрения в силу ядовитого действия на растения. В литературе этого периода встречается небольшое число работ, посвященных преимущественно повышению болезнестойкости и роли лития в некоторых физиологических процессах (W. P. Headley, 1922;

O. Linstow, 1929; A. R. C. Haas, 1929; K. Scharrer und W. Schropp, 1933; W. R. S. Wortley, 1936; Б. П. Бодушков, 1939). В третий период (с 1941 г. по настоящее время) начались более глубокие исследования влияния лития на рост, развитие, болезнестойкость и урожай растений (N. L. Kent, 1941a, б; В. М. Корovina и П. П. Дампель, 1945; D. Bertrand, 1949, 1952, 1959a, б, в; А. П. Виноградов, 1952, 1957; D. G. Aldrich, A. P. Vanselow and G. R. Bradford, 1951a, б; A. Vidali, 1951; A. Vidali e R. Ciferri, 1951; C. B. Sufochana, 1952; M. Serrano, 1954; E. Mameli Calvino, 1959; E. Epstein, 1960; А. М. Грищенко и Л. П. Голушина, 1961, 1962 и другие). Однако, несмотря на перечисленные исследования, до сих пор нет ясного представления о содержании, причинах накопления и распределения лития в различных органах растений. Совершенно открытым остался вопрос об участии лития в физиологических процессах, поэтому не представляется возможным объяснить неодинаковую реакцию на него у представителей различных систематических групп.

Вопрос влияния лития на растительность в условиях Зеравшанской долины имеет очень важное значение. Почвы некоторых районов Средней Азии содержат много лития (П. П. Сивягин, 1946; Д. П. Иванов и В. С. Муратова, 1954). Между тем, ведущая культура Зеравшанской долины хлопчатник необычайно чувствителен к избытку лития в почве (С. В. Sufochana, 1952). Значительный интерес представляет также наличие в Западном Узбекистане отдельных видов растений, концентрирующих литий в больших количествах.

Настоящая работа имела целью, во-первых, детально изучить чувствительность к литию различных видов растений в условиях Зеравшанской долины, во-вторых, установить зависимость между содержанием лития в питательной среде и накоплением его в растениях, в-третьих, выявить влияние различных концентраций лития и солей его на некоторые физиологические процессы (водный режим, фотосинтез) и урожай отдельных растений.

Материал и методы исследования

Работа по изучению содержания, локализации и роли лития в растениях складывалась из следующих разделов: обследования изучаемых районов, обработки собранного материала, постановки лабораторных, вегетационных и полевых опытов с подкормкой растений солями лития, определения лития в породах, почвах и растениях из естественных мест обитания, а также выращенных в условиях экстеримента, и проведения физиологических исследований.

С 1954 по 1962 г. нами в составе экспедиций Самаркандского государственного университета (СамГУ) и биогеохимического отряда Зеравшанской геолого-разведочной партии обследована территория, охватывающая собственно Зеравшанскую долину и целую систему горных сооружений, тяготеющих в направлении стока к указанной долине, общей площадью 4900 км². Собрано более 10000 образцов растений и около 3500 проб почв и пород. Все они подвергнуты полному спектральному полуквантитативному анализу. Наиболее интересные породы и почвы (около 500 проб) повторно анализировались на литий количественным спектральным методом А. К. Русапова, В. А. Алексеевой и В. Г. Хитрова (1960) или П. А. Степанова, Е. А. Сергеева и М. В. Белобрагичий (1958). Количественный анализ золь растений (3500 проб) проводился теми же методами с изменениями, принятыми в лаборатории биогеохимии СамГУ. Контрольные анализы выполнялись в спектрально-аналитической лаборатории Редкометалльного Треста № 1 Миннегтерета геологии и охраны недр СССР и в аналитической лаборатории Института общей химии АН БССР. Сходимость результатов трех лабораторий удовлетворительная.

Из основных показателей водного режима определялись: 1) соотношение различных форм воды — методом Маринича в разработке П. А. Русева (1960), 2) вязкость протоплазмы по П. А. Генкелю (1956), 3) водоудерживающая способность по А. А. Пичишорвич (1926), 4) интенсивность транспирации — весовыми методами.

Интенсивность фотосинтеза и дневной ход его в опытах 1958 г. устанавливались по ассимиляции CO₂ в токе воздуха. Относительная интенсивность фотосинтеза в 1960 г. определялась по накоплению углерода методом Ф. З. Бордулиной и Л. Г. Колобаевой (1953), в 1961 г. — по накоплению сухого вещества.

Действие лития на посевные качества семян определялось по энергии прорастания их и энергии начального роста проростков.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Содержание и локализация лития в почвах и растениях

Почвы. Соответственно Зеравшанская долина сложена продуктами разрушения окружающих гор, характеризующихся сложным геологическим строением и богатством рудных проявлений.

Бурные процессы выветривания и незначительный недостаток дождевых вод приводят к засолению почв даже в предгорных районах.

Содержание лития в изученных нами почвах (глинистые серые, светлый серозём, болотно-луговые аллювиальные, брошенные луговые аллювиальные, серо-буро-солончаковые, коричневые) составляет в среднем 30-50 мг/кг. Нижний предел соответствует кларку этого элемента (А. П. Виноградов, 1957), а верхний превышает его в 1,7 раза. Наличие больших количеств лития (90-120 мг/кг) отмечается в исключительных случаях и определяется повышенным содержанием в породах (граниты), характером засоления почв, а иногда обилием органических остатков животного происхождения. Основная масса лития в изучен-

Таблица 1

Содержание лития в наиболее изученных растениях Зеравшанской долины

№ п/п	Семейства	Количество исследованных образцов	Количество видов	Li в золе, мг кг
1.	Кипарисовые	10	1	0,1 — 10
2.	Хвойниковые	11	1	0,4 — 220
3.	Барбарисовые	20	2	1,0 — 70
4.	Лютиковые	160	9	1,5 — 1100
5.	Толстяковые	20	2	0,9 — 30
6.	Розоцветные	125	8	0,2 — 40
7.	Бобовые	201	10	0,7 — 100
8.	Гераниевые	10	2	6,0 — 150
9.	Нарицистниковые	13	2	0,6 — 40
10.	Мальвовые	49	3	0,2 — 120
11.	Крестоцветные	20	3	0,3 — 10
12.	Гребенниковые	31	1	6,0 — 26
13.	Маревые	5	1	0,2 — 160
14.	Гвоздичные	39	3	5,0 — 40
15.	Пивные	22	2	1,0 — 20
16.	Свищачковые	29	3	3,0 — 20
17.	Вьюнковые	28	1	7,0 — 20
18.	Бурачниковые	35	5	1,0 — 15
19.	Паслёновые	366	13	0,1 — 9000
20.	Норичниковые	11	3	1,0 — 400
21.	Губоцветные	645	9	0,01 — 440
22.	Жимолостные	18	1	1,0 — 20
23.	Сложноцветные	1159	12	0,1 — 500
24.	Злаковые	60	4	0,3 — 80
25.	Лилейные	21	5	2,0 — 30
26.	Присовые	15	3	10,0 — 35
27.	Разные	78	18	0,1 — 97
ИТОГО:		3258	132	

Примечание: При подкормке растений солями лития содержание его в золе табака (паслёновые) и хлопчатника (мальвовые) повышается соответственно до 20,3 и 0,16 г/кг.

ных почвах мало подвижна. Воднорастворимого лития может быть до 1,0 мг/кг, в 2n НСГ переходит до 18,5% от общего лития. Соотношение между различными формами лития меняется в зависимости от глубины взятия пробы.

Растения. 1) В естественных условиях. Литий найден нами во всех исследованных образцах растений (табл. 1).

Как видно из данных табл. 1, наибольшие количества лития обнаруживаются у паслёновых и лютиковых. Из первых особенно выделяется род *Lycium* (табл. 2).

Таблица 2

Содержание лития в представителях рода *Lycium*

№№ п/п	Растения	Колич. исследованных образцов	Содержание Li, мг/кг	
			В золе	В абсолютно сухом веществе
1.	Дереза русская (<i>Lycium ruthenicum</i> Murr).	67	10,0 - 9000	2,9 - 2680
2.	Дереза волосистотычичковая (<i>Lycium dasystemm</i> Pojark).	83	10,0 - 2900	2,8 - 810
3.	Дереза туркменская (<i>Lycium tirkmenicum</i> Turcz).	37	5,0 - 1070	1,4 - 458,1

Род *Lycium* относится нами совместно с М. А. Ринн (1960) к облигатным концентраторам лития, т. к. представители рода даже при незначительном количестве его в почве выделяются в растительных сообществах повышенным содержанием лития.

Литий обнаруживается в дерезе в течение всего вегетационного периода. Наибольшее количество его сосредотачивается в листьях и коре главного корня. Максимальные концентрации лития во всех органах отмечаются в период цветения. Позднее содержание его уменьшается. С плодами и опадающими листьями растения теряют много лития. Несмотря на это, зимой, в январе месяце он в сравнительно больших количествах находится в стеблях.

Из паслёновых большие количества лития отмечаются также в табаке, баклажане, томате, картофеле, дурмане (*Datura stramonium*), паслёнах (*Solanum nigrum*, *S. Olgae*, *S. de-pilatum*). У лютиковых много лития в золе лютиков: *Ranunculus sceleratus*—до 750 мг/кг, *R. arvensis*—1100 мг/кг, *R. bald-shuanicus*, василецышка мажора (*Thalictrum minus*), водосбора (*Aquilegia vulgaris*) и ломоноса восточного (*Clematis orientalis*).

В изученных нами гвоздичных (табл. 1) содержание лития невелико. В связи с этим мы не видим оснований для того, чтобы отнести их к числу накопителей лития, как это делает D. Bertrand (1952).

На губоцветных высокое содержание лития отмечается только в золе двух представителей: мяте (*Mentha longifolia*) — до 65 мг/кг и флюмы (Phlomis thapsoides). Из 517 образцов последнего 12, собранных в обогащенной зоне, содержали лития от 300 до 110 мг/кг зола. Флюмы (*Phlomis thapsoides* Vge.) рекомендуется нами как индикатор при биохимических поисках на литий.

Из малявовых наиболее изученным является хлопчатник. Найдено, что при концентрации лития не выше 50 мг/кг количество его в золе листьев последнего зависит от содержания в почве. Но в результате действия ряда дополнительных факторов, свойственных определенному роду почв, при одном и том же содержании лития в них, количество его в листьях хлопчатника может быть различным. Прямой зависимости между родом почвы, содержанием лития в ней и в золе листьев хлопчатника нам обнаружить не удалось. Однако установлено, что обилие кальциевых и магниевых солей в почвенных растворах сдвигает равновесие в слабой системе почвенный раствор — корни растений. На сульфатно-засоленных почвах низовой Зеравинана литий энергичней поглощается хлопчатником, нежели из почв верховой, где в комплексе солей преобладают карбонаты щелочных металлов.

Повышенная чувствительность к литию отмечается у кнорисовых, крестоцветных, жимолостных, лилейных, присовых и злаковых. Представители их почти никогда не накапливают больших количеств лития и чаще всего избегают мест с повышенным содержанием его. Не избегают обогащенных мест, но всегда содержат мало лития парнолистниковые и гребенцы.

Таким образом, в результате проведенных исследований представляется возможным подтвердить существование литиевой флоры (пасленовые и лютиковые), выделенной А. П. Виноградовым (1957). Кроме того, есть основание считать, что по чувствительности к литию растения делятся на следующие группы: а) концентрирующие литий всегда и предпочитающие места с повышенным содержанием его; б) накапливающие литий только при высоком содержании в почве; в) потребляющие литий в незначительных количествах и избегающие обогащенных мест; г) потребляющие литий в небольших количествах, но не избегающие обогащенных мест. Между этими группами существуют переходные формы.

В условиях эксперимента при подкормке солями лития.

Табак. Наличие лития в табаке было установлено давно. Однако С. Ravenna and M. Zamorani (1909) заявляют, что он способен неоплодотворять лишь небольшое количество литневых солей, а N. L. Kent (19116) и D. G. Aldrich с сотрудниками (1951a), напротив, считают, что табак всегда содержит много лития. Результаты наших исследований, проведенных в почвенной культуре, согласуются с данными последних авторов (табл. 3).

Таблица 3

Локализация лития в различных органах табака на 7—8 день после распускания центрального цветка

1961 г.

№ п/п	Варианты опыта	Li, мг/кг абе. сухого вещества			
		I Контроль	III Li-30,0 мг/к	II Контроль	VII Li-20,0 мг/к
Органы					
1.	Листья 1-го яруса	6,1	2107,5	—	—
2.	Листья 2-го яруса	10,5	1933,6	7,5	2032,0
3.	Листья 3-го яруса	7,7	291,1	10,1	2304,6
4.	Листья 5-го яруса	4,8	180,6	8,1	565,6
5.	Стебель (у основания)	1,0	35,4	2,3	16,5
6.	Корни 1-го порядка	0,8	3,2	0,8	17,8
7.	Бутоны молодые	0,5	6,4	1,1	2,4
8.	Бутоны распускающиеся	0,8	13,8	1,3	9,6
9.	Цветы	2,0	17,0	3,0	13,1
10.	Коробочки (5—6-дневные)	1,1	24,7	3,7	22,3

Примечание: Растения в III варианте опыта подкармливались нитратом, а в VII варианте — сульфатом лития.

Данные табл. 3 показывают, что при внесении лития в почву содержание его в табаке очень сильно возрастает. Больше всего лития сосредотачивается в листьях нижних, ярусов. В листьях средних и особенно верхних ярусов количество его понижается. Концентрирование лития свойственно также и другим частям растения. В наиболее бедных им репродуктивных органах количество лития повышается по мере перехода их из молодых бутонов в цветы и даже коробочки. Семена табака (табл. 1) накапливают лития в 12 раз больше, чем в контроле при дозе лития 10,0 мг/кг и в 93,6 раза при дозе 30,0 мг/кг.

Наибольшее количество лития обнаруживается в листьях табака, снимавшихся с растений по мере достижения ими технической зрелости (табл. 4).

Таблица 4

Динамика накопления лития в различных органах табака

1960 г.

№№ п.п.	Варианты опыта Органы	Li, мг кг абс. сухого в-ва		
		Контроль	II Li—10,0 мг кг	IV Li—50,0 мг кг
1.	Листья в фазу начала бутонизации	23,1	639,5	156,5
2.	Стебли	7,8	102,2	31,0
3.	Листья 1-й лозки	29,9	1780,9	4160,1
4.	Листья 3-й лозки (2 ярус)	4,2	3503,2	6130,6
5.	Листья 6-й лозки (5 ярус)	2,8	1412,1	2786,5
6.	Верхушки при ликвидации опыта	22,0	1092,8	361,5
7.	Семена*	0,1	4,8	37,4

Следует подчеркнуть, что поступление лития в растения не всегда соответствует вносимым дозам. В то время как в соевых листьях табака содержание его пропорционально дозе лития, в листьях и в стеблях в фазу бутонизации, а также в молодых верхушечных листьях в момент ликвидации опыта при наибольшей из принятых доз (50,0 мг/кг) количество лития значительно уступает таковому в варианте с дозой лития 10,0 мг/кг.

Снижение содержания лития при высоких дозах свойственно преимущественно молодым растениям или вновь образующимся органам. Оно имеет место также в сеянцах деревьи русской и белены черной, в листьях дурмана и деревьи туркменской.

Приведенные данные позволяют утверждать, что растения обладают способностью ограждать себя от избыточного проникновения лития в ткани при высоком содержании его в питательной среде.

На низкое содержание лития в растениях при высокой концентрации его в окружающей среде, указывалось ранее в работах N. L. Kent'a (1941b) и D. G. Aldrich'a с сотрудниками (1951a). Но, к сожалению, указанные факты остались без объяснения и не привлекли внимания исследователей.

Хлопчатник. В табл. 5 сведены данные о распределении лития в хлопчатнике, выращенном в полевой культуре при значительно меньших дозах его, по сравнению с другими растениями и особенно с табаком.

*) В воздушносухом веществе.

Распределение лития в хлопчатнике

1968 г.

№ п/п	Варианты опыта	Li, мг кг абс. сухого вещества			
		Конт- роль	I Li—0,1 мг кг	II Li—1,0 мг кг	III Li—10,0 мг кг
1.	15-дневные растения	8,0	9,3	22,3	279,2
2.	Листья (3—4 сверху) в фазу бутонизации	2,0	2,5	14,2	65,5
3.	Листья (нижние) в фазу цветения	3,6	4,4	15,1	317,7
4.	Коробочки (2—3-небольшие)	3,2	2,4	9,1	13,2
5.	Семена	0,2	0,3	0,3	0,3
6.	Волокно	0,2	0,25	0,3	0,7
7.	Стебли (сухая часть)	0,4	1,3	3,8	5,7
8.	Корни	1,1	1,6	1,8	1,9

Данные табл. 5 свидетельствуют, что хлопчатник весьма отзывчив на литий. В условиях эксперимента, при относительно небольшом содержании лития в питательной среде, количество его в различных органах возрастает пропорционально наличию в почве.

Состояние и локализация лития в листьях растений. Большая часть лития в листьях растений находится в легко подвижной ионной форме. В клеточном соке его от 70 до 98%. При настанавании листьев в холодной воде 70—80% лития переходит в раствор. Около 14% лития экстрагируется последующим кипячением. Остальной литий остаётся в листьях и водой не извлекается.

Концентрация лития в клеточном соке дерева туркменской из естественных мест обитания составляет 25,10 мг/л, в нижних листьях хлопчатника из Джамбайского района Самаркандской областей—0,5 мг/л, а в нижних листьях табака, обработанного нитратом лития из расчёта 5,0 мг лития на кг почвы—68,60 мг/л.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что накопление лития свойственно всем органам. Поступление его в растения определяется систематической принадлежностью, содержанием в питательном растворе и характером засоления почв. При небольшой дозе лития до определённых пределов, свойственных каждому виду растений, усвоение его идёт в соответствии с концентрацией в

почве. С повышением содержания лития в среде он становится ядовит и его доступ в растения резко ограничивается, вследствие чего при больших дозах лития наблюдается низкое содержание его в растительных органах. Очень высокие дозы лития вызывают отравление тканей. В результате нарушения барьерной функции растения липаются возможности противостоять проникновению лития, и он в огромных количествах поступает внутрь, как это имело место у табака при однократном внесении лития в количестве 50,0 мг/кг (табл. I). Тогда в живом веществе листьев 2-го яруса количество лития составляло 538 мг/кг.

Результаты наших исследований по поступлению лития в растения согласуются в некоторой степени с данными Э. П. Журбицкого и В. П. Ху Ан (1961), которые наблюдали, что по мере повышения концентрации питательного раствора отмечается затруднение в использовании минеральных веществ.

Концентрирование лития предшественниками определенных семейств, характер распределения его в вегетативных и генеративных органах позволяют говорить о том, что данному элементу свойственны определенные физиологические функции. В связи с этим нами была проведена серия опытов по выяснению влияния его на важнейшие жизненные процессы растений. При этом были исследованы как концентраторы лития, так и растения, содержащие в обычных условиях незначительное количество его.

Водный режим растений, подкармливаемых литием

Влияние лития на водный режим растений тесно связано со свойствами его иона. Гидратированный ион лития самый маленький (не считая бериллия) среди ионов щелочных и щелочноземельных металлов. Ионный радиус его по Гольдшмидту равен 0,78 Å. В водных растворах ионы лития обладают мощной гидратной оболочкой, при этом радиус их становится равным 10,0 Å, т. е. уступает по размерам только радиусу гидратированного иона магния, равному 10,8 Å. В результате этого подвижность ионов лития сильно снижается по сравнению с другими щелочными и щелочноземельными ионами. В концентрированных растворах ионы лития теряют гидратную оболочку.

Влияние лития на водный режим растений было изучено, в основном, на листьях табака, где концентрация его достигает весьма высоких величин, и на листьях хлопчатника, накапливающих литий в значительно меньших количествах.

Табак. Изучение содержания различных форм воды в листьях в течение вегетации показывает, что так же, как вообще у растений (Н. А. Максимов и Л. В. Можасва, 1941; А. М. Алексеев, 1948, 1953; Н. А. Гусев, 1959; Н. С. Петшинов, 1950 и другие) в почвенной культуре у табака, подкормленного литием, количество общей и коллоидносвязанной воды с возрастом уменьшается, а осмотически связанной — возрастает. Во время цветения содержание всей связанной и в том числе коллоидносвязанной воды в листьях повышается.

Иначе обстоит дело с количеством различных форм воды, которое претерпевает существенные изменения под действием ионов лития. В почвенной культуре на протяжении всей вегетации в листьях растений, обработанных литием из расчета 5,0, 10,0, 20,0, 30,0 и 50,0 мг/кг почвы, количество связанной и в том числе коллоидносвязанной воды было выше, чем в контроле. Наибольшее содержание коллоидносвязанной воды в листьях табака, получившего подкормку в виде нитрата лития, отмечается при концентрации лития 10,0 мг на кг почвы, а наименьшее — при дозе 30,0 мг/кг. У растений, подкормленных сульфатом лития, максимум коллоидносвязанной воды в течение всей вегетации наблюдается при дозе лития 5,0 мг/кг, а минимум — в начале вегетации, так же, как с нитратом лития при 30,0 мг/кг, а позднее — при 10,0 мг/кг.

Интересен ход кривых, изображающих зависимость содержания связанной и коллоидносвязанной воды от концентрации лития в питательной среде. Они имеют волнообразную форму и отражают характер поступления лития в растения. При небольших концентрациях лития в среде (5,0–10,0 мг/кг) кривые резко поднимаются вверх. С повышением концентрации имеет место падение, за которым снова следует подъем.

Согласно общепринятым представлениям (Н. А. Максимов, 1926, 1929; Н. С. Петшинов, 1951, 1959 и другие) связанная вода обуславливает агрегативную устойчивость гидрофильных коллоидов протоплазмы и тем самым влияет на устойчивость всего растения. Следовательно, есть основание утверждать, что с увеличением количества связанной воды в листьях табака, подкармливаемого литием, повышается его устойчивость.

Данная точка зрения подтверждается исследованиями по изучению влияния ионов лития на другие физиолого-биохимические процессы, определяющие водный режим растений.

В связи с существованием определенной корреляции между засухоустойчивостью, содержанием различных форм воды и транспирацией нами была изучена зависимость

последней от влияния лития в питательной среде. Установлено, что в первые дни после подкормки ионы лития повышают интенсивность транспирации листьев табака в утренние и вечерние часы и понижают в послуденные. Спустя двадцать пять дней после подкормки имеет место сокращение интенсивности транспирации в течение всего дня.

Повышение устойчивости коллоидов плазмы под действием ионов лития подтверждается также исследованиями водоудерживающей способности, свидетельствующими, что скорость водоотдачи растений, подкормленных литием, значительно ниже, чем в контроле.

Водоудерживающая способность клеток, по утверждению А. М. Алексеева (1948), зависит от двух факторов: осмотически активных веществ клеточного сока и наличия клеточных коллоидов.

Для выяснения причины повышения водоудерживающей способности под действием ионов лития было проведено изучение содержания белка и воднорастворимых углеводов в листьях. Установлено, что соотношение этих соединений меняется в зависимости от концентрации лития и в некоторой степени от сопутствующего ему аниона (нитрат или сульфат ион). Почти при всех изученных концентрациях лития (5,0, 10,0, 20,0, 30,0 и 50,0 мг/кг) в листьях табака повышается содержание общего, белкового и небелкового азота.

Форма кривых, изображающих зависимость содержания различных форм азота и воднорастворимых углеводов от наличия лития в питательной среде, волюбообразная и обусловлена отмеченными выше особенностями поступления лития в растения.

Повышение устойчивости под действием ионов лития наблюдается также и у других растений.

Хлопчатник. В вегетационных опытах при обработке литием из расчёта 0,1 и 1,0 мг/кг почвы количество связанной воды в листьях хлопчатника в фазу бутонизации возрастает соответственно в 1,8 и 2,4 раза по сравнению с контролем.

Другим, не менее важным показателем коллоидно-химических свойств служит вязкость протоплазмы. Под действием ионов лития она возрастает. На протяжении всей вегетации время перехода вакуолированного плазмолита в вынужденный у листьев хлопчатника, подкармливаемого литием, было больше, чем в контроле.

Согласно литературным данным (Н. А. Генкель и К. П. Марголина, 1948, 1951; Н. А. Генкель и Н. В. Цветкова, 1955 и другие), с повышением вязкости протоплазмы и ко-

личества связанной воды возрастает жаростойкость растений.

На повышение устойчивости коллоидов плазмы под действием ионов лития указывает также данные по определению водоудерживающей силы срезаемых растений хлорчатника. В течение 24-часовой экспозиции наиболее устойчивыми оказались растения, подкармливаемые 1,0 мг лития на кг почвы. Они потеряли в весе всего 10,36%. Растения, подкармливавшиеся из расчета 0,1 мг лития на кг почвы, потеряли воды 43,20%, в то время как контрольные — 18,75%.

Таким образом, в результате проведенных исследований, представляется возможным утверждать, что характер изменений водного режима табака и хлорчатника под действием ионов лития свидетельствует о возрастании гидратации коллоидных веществ протоплазмы.

Фотосинтез растений, подкармливаемых литием

Табак. В условиях мелкоделяночного опыта показано, что влияние ионов лития зависит от дозы и сроков внесения микроудобрения. В поле, через 15—20 дней и в августе, через месяц и более после подкормок, растения опытного варианта фотосинтезировали энергичнее контрольных (табл. 6). 29 августа, после подкормок, проведенных 25 и

Таблица 6

Интенсивность фотосинтеза листьев табака в мг CO₂ дкв.час 1958 г.

Варианты опыта	Дата определения, фаза развития						Среднее из 5 определений	% к контролю
	Начало бутонизации 10 VII	Массовая бутонизация 23 VII	Массовое цветение 2 VIII	Начало плодоношения 10 VIII	Плодоношение 29 VIII	Среднее из 5 определений		
Контроль Li—8(0,5 мг дробно)	3,35	3,18	2,31	1,09	2,14	2,41	100	
	1,08	1,15	3,29	1,19	2,97	2,97	123,20	

27, интенсивность фотосинтеза опытных растений повысилась. Это объясняется повышенным содержанием лития в растениях, которые, по данным N. L. Kent'a (1941a) и нашим собственным наблюдениям, начинают усиленно поглощать литий при внесении его в почву. Изюмительность больших доз лития для растений отмечается также в работах

A. J. Voelcker'a (1912), D. G. Aldrich'a с сотрудниками (1951a), M. Serrano (1951) и других авторов.

Положительное действие понов лития проявляется также в почвенной культуре. Это подтверждается изучением влияния их на относительную интенсивность фотосинтеза листьев, накопление сухого вещества в которых почти при всех исследуемых дозах лития (5,0—50,0 мг/кг) было интенсивней, чем в контроле.

Хлопчатник. Понов лития оказывают положительное действие на дневной ход и интенсивность фотосинтеза хлопчатника в почвенной культуре (табл. 7).

Таблица 7

Дневной ход фотосинтеза листьев хлопчатника (в мг углерода на 1 дм² в час) 1960 г.

Варианты опыта	14 июля, бутонизация				5 августа, цветение			
	Контроль	Li—0,1 мг/кг	Li—1,0 мг/кг	Li—10,0 мг/кг	Контроль	Li—0,1 мг/кг	Li—1,0 мг/кг	Li—10,0 мг/кг
6—9	2,30	2,40	1,45	2,52	2,00	2,02	2,37	2,85
9—12	2,10	1,90	0,58	2,02	1,85	1,65	1,78	2,10
12—15	0,52	1,28	2,52	1,46	0,72	1,13	1,25	1,62
15—18	1,30	2,02	2,01	1,80	1,15	1,58	1,65	2,00
Среднее из 4 определений	1,85	1,90	2,39	1,95	1,43	1,59	1,76	2,11

Средняя дневная интенсивность фотосинтеза хлопчатника, подкормленного литием, в фазах бутонизации и цветения выше, чем в контроле. При дозе лития 0,1 мг/кг имеет место небольшая стимуляция процесса, при 1,0 мг/кг она сильно выражена в фазу бутонизации, а при 10,0 мг/кг в фазу цветения.

Стимулирующее действие микроэлементов на фотосинтез при высоких температурах М. И. Школьник (1960) объясняет их положительным влиянием на жаростойкость. Следовательно, данные, полученные нами при изучении влияния понов лития на интенсивность фотосинтеза листьев табака и хлопчатника в условиях жаркого сухого лета Средней Азии, подтверждают высказанную ранее точку зрения о положительном влиянии лития на жаростойкость растений.

Влияние лития на урожай растений

Табак. Из числа литиелюбоб нами, в первую очередь, был подвергнут изучению табак сорта Трансзонд 161, культивируемый в колхозах Самаркандской области. В усло-

вних почвенных культур и мелкодеталичного опыта показано, что обработка листов сокращает продолжительность периода от приживания рассады до цветения. Забот составляет от 2 до 9 дней и зависит от дозы лития в условиях выращивания. В табл. 8 представлены данные о влиянии лития на урожайность табака в почвенной культуре.

Таблица 8

Влияние лития на урожай табака

Варианты опыта	1961 г.									
	I контроль	I Li—5,0 мг/кг	II Li—10,0 мг/кг	III Li—30,0 мг/кг	IV Li—50,0 мг/кг (сульфат)	2 контроль	V Li—5,0 мг/кг	VI Li—10,0 мг/кг	VII Li—20,0 мг/кг	VIII Li—30,0 мг/кг
Абс. сухой вес листьев растения в г	12,02	11,45	11,26*	15,16	19,30	10,51	50,52	10,81*	11,17*	11,31
М.д.ш.	±0,83	±0,90	±0,89	±0,95	±1,35	±0,79	±1,17	±0,77	±0,81	±0,81
% к контролю	100,0	105,78	98,19	127,17	157,32	100,0	124,02	100,21	92,29	102,22

* Разница с контролем недостоверна

ПРИМЕЧАНИЕ: В I—IV вариантах опыта растения подкармливались нитратом лития, а в V—VIII—сульфатом лития. В I контроле и I—III вариантах опыта нитрат-ион, а во 2 контроле и V—VII вариантах сульфат-ион, внесенные с литием, компенсировались эквивалентным количеством нитрата или сульфата натрия.

Из табл. 8 следует, что при внесении 5,0 мг лития на кг почвы имеет место существенное повышение урожая, выраженное наиболее отчетливо в V варианте, где растения обрабатывались сульфатом лития. Дозы в 10,0 и 20,0 мг/кг не оказали достоверного влияния на урожайность, а при 30,0 мг/кг, когда ветушлив в действенные защитные силы растений, ограничивающие доступ избытка лития, снова наблюдается прибавка урожая. Ещё более высокое повышение урожайности отмечается при трехкратном внесении литий в количестве 50,0 мг/кг.

Из приведенных данных, подтверждаемых также исследованиями 1958 и 1960 гг. следует, что на типичных серозёмках оптимальной для табака является доза листовых микроудобрений, равная 5,0 мг лития на кг почвы. Большие концентрации можно вносить лишь дробно.

Интересно отметить, что в опытах 1960 г. при одновременном внесении 50,0 мг лития на кг почвы все листья

теми роста нарастал одинаково у обоих видов дерева, причём, главным образом, во вторую половину вегетации. Самыми высокими оказались растения дерева туркменской в варианте, где доза лития 11,67 мг. 83 см против 69 см в контроле.

Хлопчатник. Вегетационные опыты с хлопчатником сорта 108-Ф показали, что при всех изученных концентрациях лития (0,1, 1,0 и 10,0 мг/кг почвы) имеет место стимуляция роста растений. Однако при концентрации 0,1 мг/кг действие лития ощутимо до цветения, а при дозах 1,0 и 10,0 мг/кг в более поздний период. Уменьшение в скорости развития по вариантам опыта составляет 1-2 дня. Первыми зацветают растения, полученные лития 1,0 мг/кг. Они выделялись в лучшую сторону также по целому ряду других показателей на протяжении всей вегетации.

Подкормка литием стимулирует образование репродуктивных органов хлопчатника. Количество заложившихся плодозащиток на одном растении в среднем составляло при дозе лития 0,1 мг/кг 82,7, при 1,0 мг/кг 88,2, при 10,0 мг/кг—81,8 против 78,0 в контроле. Количество сформировавшихся коробочек составляло соответственно 18,8 21,4, 19,6 и 17,8. Вследствие этого в некоторых вариантах опыта имеет место повышение урожая хлопка-сырца (табл. 10).

Таблица 10

Влияние литиевых подкормок на урожай хлопка-сырца (на одно растение)

1960 г.

Варианты опыта	Доморозный сбор			
	Количество коробочек	Средний вес сырца в коробочке, г	Всего сырца, г	% к контролю
Контроль	15,6 ± 0,15	6,91 ± 0,06	107,77 ± 1,31	100,0
Li — 0,1 мг/кг	15,6 ± 0,15	6,99 ± 0,07	108,99 ± 1,32 ^{*)}	101,13
Li — 1,0 мг/кг	17,2 ± 0,18	6,57 ± 0,08	113,04 ± 1,72	104,89
Li — 10,0 мг/кг	16,0 ± 0,15	6,67 ± 0,05	106,68 ± 1,58 ^{*)}	98,99

^{*)} Разница с контролем не достоверна.

Литий в концентрации 1,0 мг/кг повышает урожай хлопка-сырца на 4,89%, по сравнению с контролем, причем незначительно за счет количества созревших коробочек (табл. 10). При дозе лития 0,1 мг/кг существенного изменения урожайности не отмечено. Доза 10,0 мг/кг оказалась наименее эффективной и по существу там наблюдается тенденция к снижению урожая. Это можно отнести за счет

4. Из растений, накапливающих литий только при высоком содержании его в почвах или подстилающих горных породах, наиболее чувствительным является флюэне (*Phytolites tharsoïdes* Bge.). Указанный вид флюэнса рекомендуется нами как индикатор при биохимических поисках на литий.

5. Усвоение лития растениями начинается с первых дней роста. Больше всего его сосредотачивается в нижних листьях. Однако концентрирование лития свойственно всем органам и в отдельных случаях в наивысшей степени корням. Максимальное содержание лития отмечается в фазу цветения. В зимний период количество его в растениях очень сильно понижается.

При подкормке растений солями лития содержание его в тканях возрастает и иногда (при отравлении растений и нарушении барьерных функций) достигает огромных величин (20,3 г/кг алыч или 6,13 г/кг абсолютно сухого вещества листьев табака).

6. При небольшом содержании лития в питательной среде он потребляется растениями в соответствии с внесенными дозами. При высоких концентрациях соответствие нарушается, т. е. доступ лития в растения резко ограничивается. Очень высокие дозы лития вызывают отравление, в результате нарушения барьерной функции растения лишаются возможности противостоять его проникновению и он в огромных количествах накапливается в тканях.

Пределы тех или иных концентраций лития определяются видовой принадлежностью растений и условиями окружающей среды.

В условиях хлоридно-сульфатного засоления низовий Зеравшана литий лучше поглощается растениями, чем на почв верховий, где в комплексе солей преобладают карбонаты щелочных металлов.

7. Большая часть лития в растениях находится в легко подвижной ионной форме. В клеточном соке листьев его от 70 до 98%. При настаивании листьев в холодной воде 70—80% лития переходит в раствор. Около 14% лития экстрагируется последующим кипячением. Остальной литий остается в растениях и в воде не извлекается.

8. Подкормка растений солями лития сильно отражается на состоянии водного режима. Под действием ионов лития увеличивается количество коллоидносвязанной воды, повышается скорость водоотдачи и интенсивность транспирации листьев в полуденные часы, возрастает содержание белков и в некоторых случаях воднорастворимых углеводов. Указанные изменения свидетельствуют о возрастании гидратации коллоидных веществ протоплазмы и дают указание на

то, что под действием ионов лития возрастают засухо- и жаростойкость растений.

9. Состояние водного режима растений, подкармливаемых литием, оказывает определенное влияние на ход физиологических процессов: интенсивность фотосинтеза, рост растений и величину урожая. При направленном воздействии ионами лития на водный режим растений можно создавать условия, вызывающие нужные изменения указанных процессов.

10. Нитрат и сульфат лития могут быть использованы в качестве микроудобрения для табака. В вегетационных опытах на типичном сероземе наилучшие результаты были получены при внесении в почву 5,0 мг лития на кг. В этом случае развитие растений сокращается на 1-6 дней, а прибавка урожая колеблется от 5,78-9,07% при внесении нитрата лития и достигает 21,62% при подкормке сульфатом лития. Вместе с тем сильно возрастает выход листа 1 сорта и улучшается качество табачного сырья.

В полевых условиях при *дробном* внесении 80,5 мг лития на растение тоже имеет место сокращение сроков развития табака, и прибавка урожая составляет 11,69%.

Литий, внесенный одновременно в количестве 50,0 мг/кг почвы, содержащей его 30,0 мг/кг, ядовит для табака и вызывает повреждение листьев.

При содержании лития в почве в количестве 30,0 мг/кг добавки в 0,1 и 1,0 мг/кг оказывают положительное действие на рост, развитие, урожай хлопка-сырца и качество семян хлопчатника. При *повышении* общей концентрации до 10,0 мг/кг уже имеет место снижение урожая хлопка-сырца по сравнению с контролем.

11. Последствием литиевых подкормок выражается в увеличении энергии прорастания и всхожести семян табака и хлопчатника, а также энергии начального роста проростков.

12. Нитрат и сульфат лития в концентрациях 1,0 и 5,0 мг лития на литр воды могут быть рекомендованы для предпосевной обработки семян табака, с целью стимуляции роста рассады.

* * *

Материалы диссертации доложены на Всесоюзной конференции по биогеохимическим провинциям (1957), III Межвузовском совещании по микроэлементам и естественной радиоактивности почв (1961) и IV Всесоюзном совещании по вопросам применения микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине (1962).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. *Ездаков В. П. и Ездакова Л. А.* К проблеме получения лигнина из растительного сырья и возможности поиска лигниновых заместителей по растениям-индикаторам. Младостворение о регистрации № 06240 от 20 июня 1958.
2. *Ринн М. А. и Ездакова Л. А.* К вопросу химической экологии дегрезы (*Luzini pithneifera*). Тр. Биохимической лаборатории, т. XI. Изд. АН СССР, 1960.
3. *Ездакова Л. А.* О влиянии лигнина на водный режим табака. Научные доклады Высшей школы, Биологические науки, № 2, 1961.
4. *Ездакова Л. А.* Влияние лигнина на водный режим некоторых пасленовых Тр. Самаркандского гос. университета. Новая серия, № 103, 1961.
5. *Ездакова Л. А.* Накопление и локализация лигнина в растениях. Тезисы докладов на III Межвуз. совещании „Микроэлементы и естественная радиоактивность почвы“. Изд. Ростовского гос. ун-та, 1961.
6. *Ездакова Л. А.* Влияние лигниновых подкормок на фотосинтез и дыхание листьев табака. Научные доклады Высшей школы. Биологические науки, № 2, 1962.
7. *Ездакова Л. А. и Осмоловская И. К.* Изменения в биохимических особенностях табака под действием пиров лигнина. Тезисы докладов IV Всесоюз. совещания по вопросам применения микроэлементов в с. х. и медицине. Киев, 1962.
8. *Ездакова Л. А. и Бузина И. А.* Действие лигнина на клеоватник. Ж. „Хайковское“, № 8, 1962.

