

УДК 634.0.5:582.475.2:631.81.095.337

## ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ САЖЕНЦЕВ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ СОЛЯМИ МИКРО- ЭЛЕМЕНТОВ НА ИХ ПРИРОСТ И НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ХВОЕ

И.Е. АВТУХОВИЧ

(Кафедра лесоводства)

Рассматривается влияние внекорневой подкормки саженцев лиственницы сибирской в возрасте 2 лет солями микроэлементов  $MnSO_4$ ,  $CoSO_4$  и  $ZnSO_4$  по фону 30N30P30K на накопление элементов питания (N, P, K, Ca и Mg) и тяжелых металлов (Pb, Cd, Ni) в хвое и прирост саженцев. Наибольшее накопление первых и наименьшее (и безвредное для растений) — последних, а также меди отмечалось в вариантах с применением марганца и кобальта. Такой характер накопления химических элементов в хвое был наиболее благоприятным для роста двухлетних саженцев. Сделано предположение, что свинец, кадмий и никель проявляют антагонизм к марганцу, меди, железу, кальцию, магнию, азоту, фосфору и калию при поступлении их в хвою.

Для озеленения городов и благоустройства населенных пунктов, особенно в районах крупного промышленного строительства, необходимо выращивать здоровый и устойчивый посадочный материал. В процессе приспособления растений важным фактором воздействия на растительный организм является минеральное питание, в том числе микроэлементы. Опыты многих исследователей [2—8] по применению микроэлементов в сельском хозяйстве свидетельствуют о многосто-

роннем их влиянии на физиологические процессы, определяющие устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды: засухе, высокой и низкой температурам, техногенным воздействиям. Установлено, что положительное влияние микроэлементов на устойчивость растений связано с многообразными изменениями в обмене веществ, которые обуславливают их действие на рост и водный обмен [8].

Вопросам применения микроэлементов в растениеводстве пос-

вящено много публикаций как отечественных [3—5, 8, 10], так и зарубежных ученых [2]. Положительный эффект, получаемый от применения микроэлементов в сельском хозяйстве, привлек внимание и лесоводов.

Изучением накопления микро- и макроэлементов в почвах и древесных насаждениях в условиях города также уже занимались многие ученые [6, 7, 9], но данные, касающиеся взаимного влияния элементов при их поступлении в древесные растения, пока еще разрознены и недостаточны, поэтому требуются дальнейшие исследования. Особенно это касается внекорневой подкормки микроэлементами как отдельных древесных растений, так и целых насаждений. В печати недостаточно отражено влияние этого довольно нового агроприема на рост и развитие отдельных частей древесных растений, на соотношение надземных и подземных органов, на ход физиологических процессов и др.

В задачи наших исследований входило:

— изучить накопление ТМ, микро- и макроэлементов в хвое саженцев лиственницы сибирской после внесения фонового удобрения NPK и внекорневой подкормки микроэлементами Mn, Co и Zn;

— определить, какие из этих микроэлементов оказывают наиболее благоприятное влияние на прирост саженцев лиственницы сибирской на стадии двухлеток;

— рассмотреть взаимное влияние химических элементов при их поступлении в растение (синергизм, антагонизм).

Объектом наших экспериментальных исследований явились двухлетние саженцы лиственницы сибирской (*Larix sibirika*). Для разных вариантов опыта отбирали перед посадкой по возможности одинаковые по развитию саженцы. Опытный участок находится на территории лесного питомника Лесной опытной дачи Тимирязевской академии. Почва дерново-подзолистая с примесью торфа и песка. 8 мая 1996 г. здесь было высажено 1020 саженцев лиственницы на площади 51 м<sup>2</sup> (6 x 8,5 м).

В опыт включались 4 варианта внекорневой подкормки микроэлементами: 1 — контрольный; 2 — MnSO<sub>4</sub>; 3 — CoSO<sub>4</sub>; 4 — ZnSO<sub>4</sub>. В каждом варианте было по 5 рядков, в каждой содержалось по 3 бороздки посадок саженцев.

За вегетационный период саженцы 3-кратно опрыскивали растворами этих солей. Концентрация растворов 1 г препарата на 1 л, общий расход их на вариант — 1 л, т.е. 100 мл/м<sup>2</sup>. За растениями проводился систематический уход, поливали их дождеванием из среднеструйного шланга с обильным увлажнением почвы. Перед внесением микроэлементов во все рядки с саженцами, кроме первой, было внесено фоновое удобрение 30N30P30K.

В процессе исследований тщательно проводились измерения показателей роста саженцев и определялись основные агрохимические показатели почвы и хвои саженцев. При этом пробы хвои на анализ отбирали после внесения микроэлементов. Все измере-

ния и оценки показателей велись в соответствии с методиками, принятыми в лесоводстве и лесной таксации [1], а также в агрохимии [10].

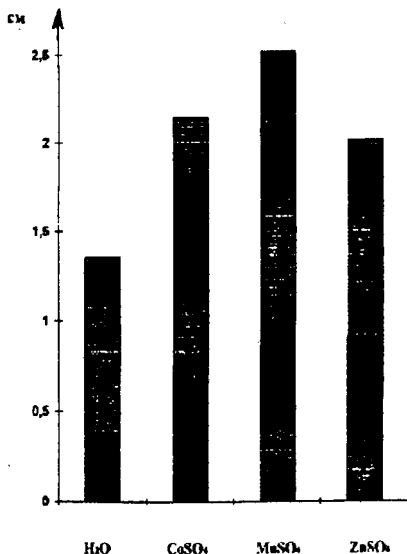
### Результаты

До внесения микроэлементов внекорневым способом в слое почвы 0—20 см (в смешанном образце) содержание микроэлементов было следующим: Со — 2,1 мг, Zn — 1,5, Pb — 9,8, Cd — 1,7, Ni — 3,7, Cu — 6,1 и Fe — 864,5 мг на 1 кг почвы; макроэлементов: Са — 1856 мг, Mg — 1170, N — 6,0, P — 7,0 и К — 11,0 мг на 1 кг почвы; Н — 4,0 мэкв, S — 5,0 мэкв на 100 г почвы; рН — 4,5; содержание гумуса — 5%. В соответствии с принятыми в агрохимии [10] градациями обеспеченности почв (бывшего СССР) подвижными формами микроэлементов полученные нами данные являются средними. Последнее позволяет увеличить содержание микроэлементов в почве за счет дополнительного их внесения. Вместе с тем приведенные выше данные свидетельствуют о накоплении в почве значительного количества тяжелых металлов, в частности свинца, кадмия и никеля.

Как известно, накопление некоторых видов тяжелых металлов происходит главным образом после внесения в почву макроэлементов. При этом никель и кадмий поступают в почву в основном за счет внесения в нее фосфорных и калийных удобрений, а свинец и медь — за счет фосфорных [9].

Из табл. 1 видно, что в контроле наибольшее количество свинца,

кадмия и никеля накопилось в хвое саженцев при обработке их водой с предварительным внесением основного удобрения — 30N30P30K. Последнее вследствие антагонизма ионов определило наименьшее накопление азота, фосфора, калия, кальция и магния в хвое саженцев этого варианта. Следовательно, ионы тяжелых металлов, помимо токсического действия, обладают способностью ограничивать поступление в растения необходимых элементов. В совокупности все это в конечном счете оказывает нежелательное воздействие на прирост, который в контроле оказался значительно меньше, чем в опытных вариантах (табл. 2 и рисунок).



Приросты саженцев лиственницы в среднем по 2, 3, 4 и 5-й грядкам после внекорневой подкормки микроэлементами.

Таблица 1

Результаты агрохимического анализа хвои саженцев лиственницы  
после внекорневой подкормки микроэлементами

Вариант	Микроэлементы, мг на 1 кг сухой массы									Макроэлементы			
	Mn	Co	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe	Ca	Mg	N	P	K
H <sub>2</sub> O	46,44 ±0,02	2,00 ±0,01	74,92 ±0,03	5,08 ±0,01	1,04 ±0,01	2,04 ±0,02	5,04 ±0,10	118,8 ±0,03	4216 ±0,01	1613 ±0,02	4,60 ±0,01	0,25 ±0,04	0,36 ±0,10
MnSO <sub>4</sub>	69,60 ±0,01	1,08 ±0,02	71,60 ±0,02	3,04 ±0,10	0,52 ±0,01	1,28 ±0,01	6,04 ±0,02	239,7 ±0,03	10438 ±0,02	1684 ±0,01	7,00 ±0,01	0,65 ±0,02	0,52 ±0,01
CoSO <sub>4</sub>	59,72 ±0,01	5,68 ±0,01	51,28 ±0,02	4,17 ±0,01	0,53 ±0,03	1,08 ±0,02	6,68 ±0,11	150,1 ±0,01	10936 ±0,01	1669 ±0,01	6,50 ±0,02	0,67 ±0,11	0,50 ±0,04
ZnSO <sub>4</sub>	51,56 ±0,03	0,56 ±0,01	100,1 ±0,02	4,16 ±0,01	0,76 ±0,01	1,92 ±0,04	7,32 ±0,02	208,3 ±0,03	6072,8 ±0,01	1613 ±0,02	5,00 ±0,01	0,58 ±0,03	0,60 ±0,11

Таблица 2

Прирост (см) по высоте саженцев лиственницы за периоды с 14.07 по 22.08  
(числитель) и с 22.08 по 10.10 (знаменатель)

Вариант	№ грядки				
	1	2	3	4	5
H <sub>2</sub> O	<u>4,33±0,02</u> 1,15±0,02	<u>4,70±0,09</u> 1,38±0,01	<u>4,76±0,09</u> 1,36±0,01	<u>4,64±0,09</u> 1,34±0,02	<u>4,60±0,01</u> 1,35±0,01
CoSO <sub>4</sub>	<u>6,87±0,04</u> 2,07±0,01	<u>6,98±0,03</u> 2,18±0,03	<u>7,00±0,03</u> 2,14±0,03	<u>7,26±0,10</u> 2,13±0,01	<u>7,30±0,04</u> 2,14±0,02
MnSO <sub>4</sub>	<u>8,80±0,13</u> 2,44±0,01	<u>9,26±0,14</u> 2,52±0,02	<u>9,37±0,14</u> 2,54±0,02	<u>9,33±0,06</u> 2,51±0,01	<u>9,31±0,01</u> 2,52±0,01
ZnSO <sub>4</sub>	<u>6,47±0,19</u> 1,40±0,05	<u>6,69±0,11</u> 2,00±0,01	<u>6,61±0,11</u> 2,01±0,01	<u>6,54±0,11</u> 2,01±0,01	<u>6,50±0,04</u> 2,04±0,02

При внекорневой подкормке марганцем саженцы отличались наилучшими ростовыми показателями, а также более высоким содержанием азота, фосфора, калия, кальция и марганца в хвое. Особенно много накапливалось в хвое азота и меньше всего — тяжелых металлов. Из необходимых растениям микроэлементов в этом варианте преобладали марганец

и железо, в достаточных количествах содержались кобальт и цинк. Содержание меди было невысоким, так как, вероятно, марганец ограничивает поступление ее в растение. Это сочетание элементов питания и оказало положительное влияние на рост саженцев.

Вариант с внекорневой обработкой кобальтом по ростовым

показателям саженцев занял второе место после варианта с марганцем. По содержанию азота, фосфора, калия, кальция и магния в хвое положение варианта тоже было благоприятным. Больше всего в хвое содержалось фосфора, несколько меньше азота. Из тяжелых металлов преобладал свинец, который, вероятно, несколько ограничил накопление калия и магния. В хвое саженцев содержалось также немало кобальта, марганца и меди, что полезно для роста растений. Содержание кадмия и никеля, сдерживающих рост саженцев и ограничивающих накопление питательных элементов, было незначительным.

При опрыскивании саженцев цинком наблюдалось значительное накопление кадмия и никеля, вследствие чего проявился антагонизм по отношению к содержанию азота, фосфора, кальция и магния. Вероятно, недостаточное количество питательных веществ, а также токсичность тяжелых металлов отрицательно сказались на приросте саженцев, который оказался меньше, чем в вариантах с марганцем и кобальтом, но больше, чем в контроле. Содержание железа было незначительным, так как медь, представленная в большом количестве, оказывает угнетающее действие на поступление железа в растение. Большой прирост по высоте по сравнению с контролем объясняется, скорее всего тем, что здесь значительно больше цинка и других микроэлементов, а также калия, причем в соотношениях, полезных для растений.

## Выводы

1. Внекорневая подкормка двухлетних саженцев лиственницы сибирской микроэлементами положительно влияла на прирост саженцев. Наибольшим он был в варианте с опрыскиванием марганцем; за ним следуют варианты с кобальтом и цинком.

2. В варианте с обработкой саженцев марганцем в их хвое накопилось наибольшее его количество, в вариантах с кобальтом и цинком — соответственно кобальта и цинка. В хвое саженцев контрольного варианта накопилось максимальное количество тяжелых металлов, за ним по накоплению тяжелых металлов следуют варианты с применением цинка, кобальта и марганца.

3. Накопление азота, фосфора, калия, кальция и магния было наибольшим в вариантах с применением марганца и кобальта.

4. Можно предположить, что при поступлении в хвою саженцев свинец, кадмий и никель проявляют антагонизм к марганцу, меди, железу, кальцию, магнию, азоту, фосфору и калию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Анучин Н.П.* Лесная таксация. Уч. для вузов. 5-е изд., доп. М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 2. *Аннука Э., Раук Ю.* Хвойные деревья — индикатор техногенной нагрузки в промышленном ландшафте. — Изв. Акад. наук ЭССР. Таллин: Биология, 1986. — 3. *Арнон Д.* Роль микроэлементов в питании растений, в частности в фотосинтезе и усвоении азота. — В кн.: Микроэлементы. М.:

ИЛ, 1962. — 4. Желухин Н.В. Влияние микроэлементов на рост сеянцев сосны и березы. — Бюл. науч.-техн. информ. Ин-та лесн. хоз-ва. Минск: Изд-во Акад. с.-х. наук БССР, 1960. — 5. Ларина Г.Е., Обухов А.И. Тяжелые металлы в растительности газонов вдоль автомагистралей. — Вест. МГУ. Сер. Почвоведение, № 3, с. 14—48. М.: Изд-во МГУ, 1995. — 6. Обухов А.И., Плеханова И.О., Катуков О.Д., Афонина Е.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях Москвы. — В кн.: Экологические исследования в Москве и Московской области. М.: Изд-во МГУ, 1990. — 7. Пудова Р.А. Вли-

яние В, Си и Zn на рост и водный обмен сеянцев некоторых древесных растений. — Автореф. канд. дис. Л., 1972. — 8. Черненко Т.В. Тяжелые металлы в растениях, почве, снеге парков г.Москвы. — В кн.: Охрана природы. М.: Изд-во МГУ, 1992. — 9. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва — растение при различной степени антропогенной нагрузки. — Автореф. докт. дис. М., 1995. — 10. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др. / Под ред. Б.А. Ягодина, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989.

Статья поступила 7 мая  
1997 г.

#### SUMMARY

The effect of spray dressing of sibirian larch (*Larix sibirika*) seedlings at the age of 2 years with salts of microelements  $MnSO_4$ ,  $CoSO_4$  and  $ZnSO_4$  on 30N30P30K background on accumulation of nutrient elements (N, P, K, Ca and Mg) and heavy metals (Pb, Cd and Ni) in coniferous needle and on increment of seedlings is discussed. The highest accumulation of the former and the lowest and harmless for plants of the latter and Cu was noted in variants where Mn and Co were applied. Such kind of accumulating chemical elements in coniferous needle appeared to be most favourable for growth of 2-years old seedlings. It has been supposed that Pb, Cd and Ni show antagonism to Mn, Cu, Fe, Ca, Mg, N, P and K when they enter coniferous needle.