

УДК 531.2+581.193+632.43/49

Малле МАНДРЕ

ЦЕМЕНТНАЯ ПЫЛЬ КАК ВЛИЯЮЩИЙ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР

2. ПОРАЖАЕМОСТЬ МУЧНИСТОЙ РОСОЙ, РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

Для характеристики жизненного цикла растений на загрязненных производственными выбросами территориях часто пользуются параметром роста. В литературе большое внимание уделяется влиянию дымовых выбросов промышленных предприятий на растения, однако главным образом рассматривается действие газообразной фракции выделений, из которых чаще всего внимания заслуживают сернистый ангидрид, окиси азота и др. дымовые газы.

Значительно меньше имеется работ, касающихся действия пыли на жизнедеятельность растений, в частности на их рост. Кроме изменения роста и развития, под влиянием загрязнителей на основе нарушения метаболизма (Мандре, Кангур, 1986; Mandre, 1983; Piescu, 1981) может изменяться и устойчивость растений к болезням. Поэтому при изучении этого вопроса необходимо относиться к загрязнению как к комплексу факторов, влияющих на поражаемость растений инфекционными болезнями.

В данной работе изучалось влияние цементной пыли (ЦП) на рост и развитие растений в моделированных и в полевых условиях. При этом особое внимание уделялось вопросам поражаемости растений мучнисто-росяными грибами.

Объекты и методика

Опыты проводили в 1983—1984 гг. в теплице Таллинского ботанического сада (ТБС), где подопытные растения обрабатывали ЦП с начала вегетации в дозах 5 и 10 г/м², а с ростом растений доза была увеличена соответственно до 8 и 20 г/м² (20 растений на 1 м²). Полевые опыты проводили на расстоянии около 1 км от источника эмиссии.

Исходный материал многолетних травянистых растений получали вегетативным размножением из коллекции ТБС. Посадку и посев подопытных растений производили 10 мая 1983 и 1984 гг.

ЦП, рН которой 12,7, является причиной подщелачивания почв (рН 8,1) и осадков (рН дождевой воды 7,6—9,1, снеговой — 10,4—11,6). Содержащиеся в ЦП большие количества СаО, К₂О, MgO, SO₃, Fe₂O₃ изменяют катионно-анионный баланс в субстрате.

Объектами опытов служили 3 сорта флоксов 'Викинг', 'Тенор' и 'Джон Эвелин', сорт календулы 'Болз гоулд', 3 сорта озимой ржи 'Сангасте', 'Вамбо' и R 65/76, клевер 'Виола' и бегония *Begonia tuberhybridae*.

У подопытных растений в течение всего вегетационного периода определяли рост (см) и биомассу (г на 1 растение, 105 °С), а также степень поражения флоксов мучнистой росой *Erysiphe cichoracearum* D. C., календул — *Sphaerotheca fuliginea* (Schlicht/Fr.) и озимой ржи — *Erysiphe graminis* f. *secalis* March. Для характеристики поражения был вычислен коэффициент заболевания (Karis, 1957) у флоксов и календул и процент зараженных листьев от общего у злаковых.

Влияние цементной пыли на рост растений

Выбросы предприятий цементного производства с нагрузкой 1,26 г/м² в сутки создают экстремальные для развития растений условия. В условиях запыления проявляется не только видовая, но и сортовая специфика роста растений (табл. 1). Так, под влиянием ЦП рост озимой ржи 'Вамбо' уменьшается на 27, 'Сангасте' на 30 и R 65/76 на 50% (рис. 1). Необходимо отметить, что наблюдается разница в резуль-

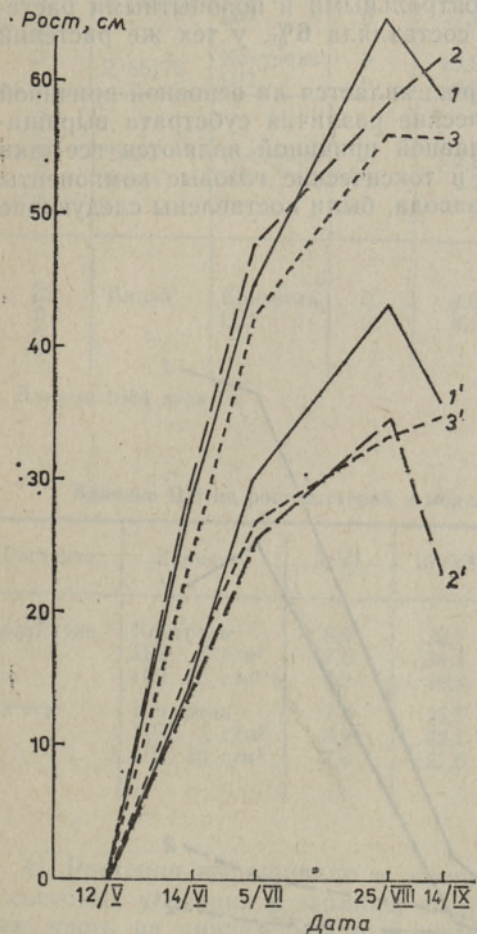


Рис. 1. Влияние ЦП на рост сортов озимой ржи 'Сангасте' (1 — контроль, 1' — с цементной пылью), R 65/67 (2 — контроль, 2' — с цементной пылью), 'Вамбо' (3 — контроль, 3' — с цементной пылью) в полевых опытах в 1983 г.

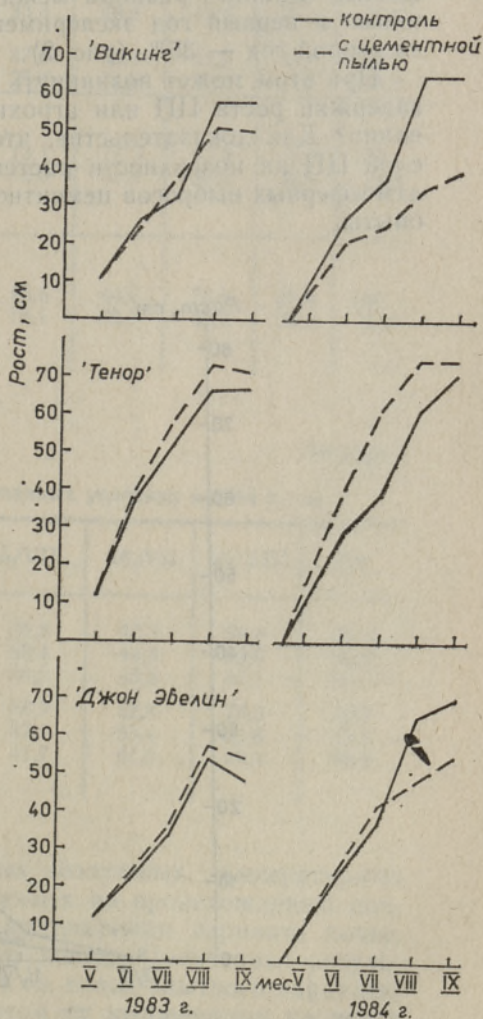


Рис. 2. Рост флоксов в полевых опытах в 1983—1984 гг.

татах опытов в полевых и моделированных условиях. В условиях естественной запыленности рост подопытных растений сильно ингибируется (рис. 1—3, табл. 1). В моделированных условиях не всегда удается получить точные результаты из-за невозможности воспроизведения условий естественной среды: обработка растений производится 2 раза в неделю вместо постоянного влияния пыли и т. д. Кроме того, значительно изменяется световой и температурный режимы, что вызывает эффект вытягивания растений. Например, рост календулы увеличивается в среднем на 5% (табл. 2), а в естественных условиях наблюдается задержка роста на 29% по сравнению с ростом контрольных незапыленных растений (табл. 1).

Необходимо отметить, что пыль на поверхности листьев отрицательно сказывается не только на рост в высоту, но и на общую ассимиляционную поверхность растений. Этот факт отмечен М. Ф. Ершовым (1959) у липы и черемухи и Т. М. Илькуном (1978) у томатов и фасоли.

Отрицательное влияние ЦП на рост растений существенно зависит и от их возраста. У многолетних травянистых растений, например, у флокса 'Викинг', разница между контрольными и подопытными растениями в первый год эксперимента составляла 6%, у тех же растений во второй год — 35% (рис. 2).

При этом может возникнуть вопрос: является ли основной причиной задержки роста ЦП или агрохимические различия субстрата выращивания? Для доказательства, что главной причиной являются все-таки слой ЦП на поверхности растений и токсические газовые компоненты атмосферных выбросов цементного завода, были поставлены следующие опыты.

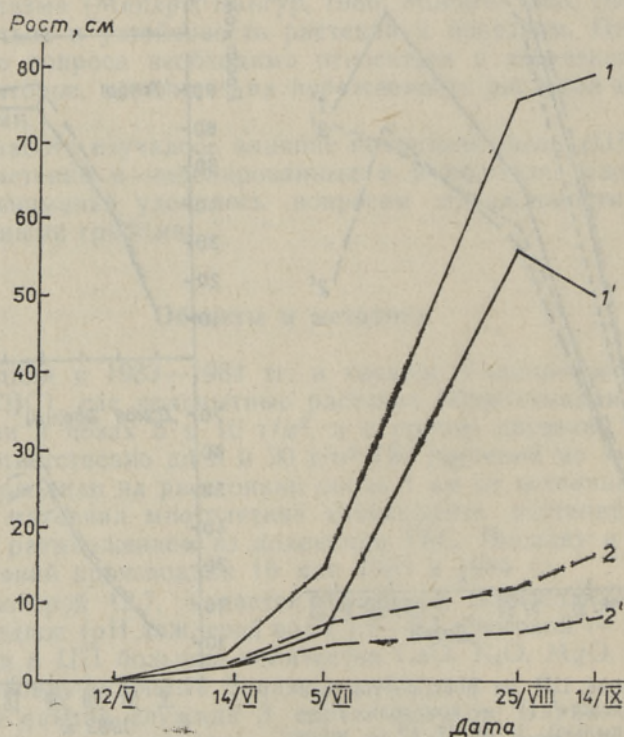


Рис. 3. Влияние ЦП на рост календулы (1 — контроль, 1' — с цементной пылью) и бегонии (2 — контроль, 2' — с цементной пылью) в полевых опытах в 1983 г.

Таблица 1

Влияние ЦП на рост растений в естественных условиях
в среднем за 1983—1984 гг., см

Растение	Сорт	Вариант	Месяцы					Σ/n	% от конт-роля
			V	VI	VII	VIII	IX		
Флокс	'Джон Эвелин'	Контроль ЦП	6,0	22,9	30,6	59,7	59,5	35,7	100
			6,0	23,9	39,0	52,8	53,0	34,9	97,6
	'Тенор'	Контроль ЦП	6,0	33,0	45,7	64,1	68,9	43,5	100
			6,0	38,4	58,9	73,8	73,0	50,0	114,9
	'Викинг'	Контроль ЦП	6,0	26,1	34,6	60,3	60,5	37,5	100
			6,0	22,1	30,8	43,1	44,8	29,4	78,4
Озимая розь	'Вамбо'	Контроль ЦП	0	22,6	39,1	53,0	55,7	42,6	100
			0	14,2	27,2	38,5	39,6	29,9	70,4
	'Сангасте'	Контроль ЦП	0	28,7	43,3	64,2	64,6	50,2	100
			0	17,7	33,3	48,4	42,4	35,4	70,5
	R 65/76	Контроль ЦП	0	29,5	47,6	58,2	61,8	49,3	100
			0	14,6	25,4	34,6	23,1	24,4	49,5
Календула	'Болз гоулд'	Контроль ЦП	0	2,9	13,1	77,3	83,3	44,2	100
			0	2,2	12,9	59,2	55,9	32,6	73,9
Клевер *	'Виола'	Контроль ЦП	0	4,5	15,6	44,6	75,6	35,0	100
			0	3,1	13,1	36,5	63,0	28,9	82,6

* Данные 1984 года.

Таблица 2

Влияние ЦП на рост растений в моделированных условиях в 1984 г., см

Растение	Вариант	5/VI	27/VI	5/VII	16/VII	16/VIII	Σ/n
Календула	Контроль	8,0	32,1	39,8	42,3	50,8	34,6
	ЦП, 5 г/м ²	7,5	34,4	38,4	44,4	59,6	36,8
	ЦП, 10 г/м ²	7,2	33,7	39,2	45,5	55,1	36,1
Клевер	Контроль	7,8	25,7	36,9	52,8	78,9	40,4
	ЦП, 5 г/м ²	8,9	22,1	37,1	51,4	59,8	35,8
	ЦП, 10 г/м ²	7,6	27,6	41,2	61,0	60,6	39,6

1. Растения выращивали в одинаковых воздушных, температурных и световых условиях в теплице, но на разных по происхождению почвах: часть на привезенной с площадки контрольного варианта почве, часть на почве из окрестностей цементного завода. Полученные результаты показали, что растения, выращенные на почве опытного варианта, мало различались (бегония, клевер) ростом от выращенных на почве контрольного варианта растений или имели тенденцию к увеличению (календула) (табл. 3).

Вегетативный рост растений в теплице на разных почвах
в 1983—1984 гг., см

Растение	Происхождение почвы	Месяцы					Σ/n
		V	VI	VII	VIII	IX	
Бегония (1983)	Палмсе	2,0	2,4	5,0	7,8	9,7	5,4
	Кунда	1,3	2,0	4,1	9,5	10,5	5,5
Календула (1984)	Палмсе	4,4	13,5	30,5	35,8	43,6	25,6
	Кунда	4,1	10,8	26,5	36,3	56,4	26,8
Клевер (1984)	Палмсе	4,8	15,0	22,0	34,5	62,6	27,8
	Кунда	2,4	14,3	21,4	30,0	65,3	26,7

2. Растения выращивались на почве, привезенной из ТБС, в разных условиях загрязнения воздуха (на площадках контроля и полевого опыта). Растения под влиянием ЦП и в контрольном варианте заметно различались ростом, что и доказывает отрицательное влияние ЦП на растения (табл. 4).

Таблица 4

Рост растений при выращивании на одинаковом субстрате и в различных условиях загрязнения воздуха в 1983—1984 гг., см

Растение	Вариант	Месяцы				Σ/n
		VI	VII	VIII	IX	
Бегония (1983 г.)	Контроль	—	8,0	11,2	14,2	11,1
	ЦП	—	8,6	10,2	10,4	9,4
Календула (1984 г.)	Контроль	2,8	4,8	47,3	59,0	28,4
	ЦП	2,8	5,8	23,0	31,0	15,7
Клевер (1984 г.)	Контроль	4,0	13,5	38,0	74,2	32,4
	ЦП	3,1	13,8	31,0	55,5	25,8

В первой половине вегетации ЦП стимулировала рост в высоту некоторых растений, например, календулы и бегонии (табл. 2, 4). Однако, к концу вегетации их прирост снизился. ЦП, действуя при кратковременной или разовой обработке растений как минеральное удобрение, может оказывать положительное влияние на их рост, а при длительном воздействии — отрицательное. При диагностике повреждений, вызванных ЦП, и интерпретации полученных данных выявилось, что существенное значение имеют условия проведения опытов (моделированные или полевые) и продолжительность воздействия фактора.

Задержку роста отчетливо подтвердили данные анализа сухой биомассы растений. В 1984 г. вблизи источника эмиссии биомасса календулы составляла 15—30, а клевера только 13% от контроля. Хотя биомасса у растений уменьшается, общий прирост сухого вещества загрязненных листьев, рассчитанный на 1 г сырого вещества, может изменяться в зависимости от водного режима и минеральной подкормки. ЦП при длительном воздействии снижает не только декоративность растений, но и количество цветков. В моделированных условиях под влиянием ЦП в дозе 10—20 г/м² количество цветков у календулы составляло 40% от контроля, а в дозе 5—8 г/м² — 72%.

Влияние ЦП на поражаемость растений

При изучении антропогенности растений необходимо с большой внимательностью относиться к загрязнению как к комплексу факторов, влияющих на поражаемость растений, поскольку взаимоотношения в системе растение—паразит зависят от условий окружающей среды (Горленко и др., 1984; Мандре, 1982, 1984; Рубин и др., 1975; Karis, Rumberg, 1966; Mandre, 1983).

Под влиянием ЦП уменьшается не только рост растений, но и развитие патогенов на растениях (табл. 5, рис. 4). В окрестностях цементного завода (на расстоянии до 1 км от источника эмиссии) поражение растений мучнистой росой уменьшается. Причиной этого является щелочная реакция ЦП (рН 12,7) и осадков (рН 7,6—9,1 во время вегетации), а также механический и химический пылевой барьер на листьях.

По данным литературы, ЦП оказывает отрицательное воздействие на устойчивость к грибной инфекции (Лайранд и др., 1978). Трудно отрицать или утверждать это положение. В данной работе изучали поражение растений типичным облигатным паразитом — грибом мучнистой росы, для жизнедеятельности которого требуется полноценная живая клетка растения-хозяина. По нашим данным, отклонение от нормального обмена веществ, с одной стороны, и неблагоприятные условия окружающей среды (щелочность), с другой, препятствуют развитию мучнисто-росяных грибов на растениях. Изменяется ли физио-

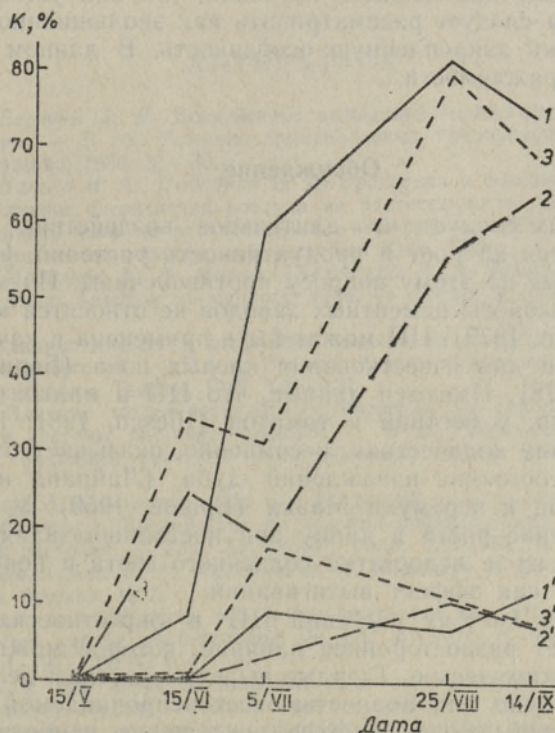


Рис. 4. Влияние ЦП на поражаемость флоксов 'Джон Эвелин' (1 — контроль, 1' — с цементной пылью), 'Тенор' (2 — контроль, 2' — с цементной пылью), 'Викинг' (3 — контроль, 3' — с цементной пылью) мучнистой росой *Erysiphe cichoracearum* D. С. в 1983 г.

Поражаемость растений мучнистой росой в среднем за 1983—1984 гг.

Растение	Сорт	Патоген	Вариант	Степень поражения	
				К, %*	%
Календула	'Болзгоулд'	<i>Sphaerotheca fuliginea</i> (Schlicht/Fr.) Poll.	Контроль	5,7	—
			ЦП	0,9	—
Флоксы	'Джон Эвелин'	<i>Erysiphe cichoracearum</i> D. C.	Контроль	20,6	—
			ЦП	2,2	—
			Контроль	17,9	—
	'Викинг'	"	ЦП	3,0	—
	'Тенор'	"	Контроль	14,3	—
			ЦП	1,8	—
Озимая рожь	'Вамбо'	<i>Erysiphe graminis</i> f. <i>secalis</i> March.	Контроль	—	62,9
			ЦП	—	13,5
	'Сангасте'	"	Контроль	—	63,4
			ЦП	—	4,7

* К, % — коэффициент заболевания (Karis, 1957).

логическая устойчивость растений к болезням под влиянием ЦП? Этот вопрос требует еще дальнейшего изучения, так как устойчивость растений к болезням следует рассматривать как эволюционно обусловленную и генетически закрепленную особенность. В данном случае речь идет только о поражаемости.

Обсуждение

Из наших данных следует, что длительное воздействие ЦП отрицательно сказывается на рост и продуктивность растений. Имеющиеся в литературе данные по этому вопросу противоречивы. По мнению некоторых авторов, выбросы цементных заводов не относятся к особо вредным (Cole, Easton, 1979). ЦП может быть применена в качестве калийного удобрения и для известкования кислых почв (Бериня, Берзиня, 1984; Sirendi, 1978). Имеются данные, что ЦП в малых дозах стимулирует рост, напр. у бегоний и томатов (Hiescu, 1981; Hiescu и др., 1978), а в больших количествах, несомненно, оказывает отрицательное воздействие на состояние насаждений дуба (Лайранд и др., 1978), акации оранжевой и черемухи Маака (Ершов, 1959). У травянистых растений увеличение роста в длину при постоянном влиянии ЦП может происходить из-за недостатка солнечного света и повышения температуры тканей как эффект вытягивания.

Оседающая на листьях растений ЦП в окрестностях цементных заводов оказывает разностороннее влияние, которое можно разделить на физическое и химическое. Твердые пылевые частицы делают поверхность листа частично или полностью светонепроницаемой. Вследствие этого в тканях запыленных листьев поглощение наиболее активных участков спектра солнечной радиации, участвующих в фотосинтетических процессах, оказывается меньше на 5—14, а дальних красных и инфракрасных, наоборот, больше на 25—33% (Илькун, 1978). В связи с этим температура листьев повышается на 1—1,5°C (Steinhübel, 1967),

что вызывает увеличение скорости транспирации (Десслер, 1981; Илькун, 1978). Вышеуказанное в сочетании с водным дефицитом является причиной подавления фотосинтетической активности (Auclair, 1977) и нарушения других функций растений (Iliescu, 1981; Ершов, 1959; Мандре, 1984), что особенно проявляется в жаркие и засушливые периоды. Действие ЦП на растения зависит от многих факторов, среди которых основными являются химический состав и растворимость в воде, устойчивости растений к проникающим токсикантам. Следовательно, противоречивые данные в литературе по поводу влияния ЦП во многом обусловлены разными условиями проведения исследований. Малые дозы и кратковременное действие ЦП могут стимулировать, постоянное же влияние и экстремальные дозы — снижать рост и продуктивность из-за подщелачивания почвы, осадков и надземных органов растений. Постоянное влияние и большая техногенная нагрузка отражаются на основных цепях обмена веществ, специфика этих нарушений зависит в свою очередь от вида и возраста растений.

Нарушенное ЦП биохимическое состояние растений сказывается и на поражаемости растений. Известно, что такие облигатные паразиты, как мучнисто-росяные и ржавчинные грибы, требуют для нормальной жизнедеятельности полноценную и живую клетку растения-хозяина. Отклонение от нормального метаболизма растений может неблагоприятно повлиять и на развитие патогенов растений. ЦП в среде выращивания растений создает для развития мучнисто-росяных грибов вдвойне неблагоприятные условия: с одной стороны, происходят большие отклонения метаболизма растения-хозяина (Мандре, Кангур, 1986), а с другой — щелочность и относительно высокие концентрации серо-содержащих веществ в цементной пыли оказывают вредное воздействие на патогены.

ЛИТЕРАТУРА

- Бериня Д. Ж., Берзиня А. Я. Воздействие выпадений цементного завода на почву и растения. — В сб.: Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Пушино, 1984, 31—33.
- Горленко С. В., Панько Н. А., Подобная Н. А. Вредители и болезни роз. Минск, 1984.
- Десслер Х. П. Влияние загрязнений воздуха на растительность. Москва, 1981.
- Ершов М. Ф. Влияние пыли на рост растений. — Ботан. ж., 1959, 44, № 6, 822—824.
- Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев, 1978.
- Лайланд Н. И., Ловелиус Н. В., Яценко-Хмелевский А. А. Влияние пылевых выбросов цементных заводов на природу дуба. — Ботан. ж., 1978, 63, № 5, 721—729.
- Мандре М. А. Влияние кислотных и щелочных осадков на развитие и болезнеустойчивость роз и бегоний. — В кн.: Взаимодействие между лесными экосистемами и загрязнителями. Таллин, 1982, 128—131.
- Мандре М. А. Влияние моделированного загрязнения на физиолого-биохимическое состояние системы растение—паразит. — В кн.: Актуальные задачи физиологии и биохимии растений в ботанических садах СССР. Пушино, 1984, 114—115.
- Мандре М., Кангур А. Цементная пыль как влияющий на развитие растений антропогенный фактор. I. Воздействие на условия произрастания и метаболизм травянистых растений. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1986, 35, № 1, 39—51.
- Рубин Б. А., Арциховская Е. В., Аксенова В. А. Биохимия и физиология иммунитета растений. Москва, 1975.
- Auclair, D. Effects des poussières sur la photosynthèse II. Influence des polluants particulaires sur la photosynthèse du pin sylvestre et du peuplier. — Ann. sci. forest, 1977, 34, № 1, 47—57.
- Cole, J., Easton, J. The effect of limestone dust on vegetation in an area with a Mediterranean climate. — Environmental pollution, 1979, 19, № 2, 89—101.
- Iliescu, E. Modificari in metabolismismul plantelor de begonia sub actiunea pulberilor de la fabricile de ciment. — An. Inst. cerc. prot. plant, 1981, 16, 437—441.
- Iliescu, E., Becerescu, D., Bontea, V. Influenta poluării cu pulberi di la electrofiltrele fabricilor de ciment asupra unor indici biologici si biochimici al plantelor de tomate. — An. Inst. cerc. prot. plant, 1978, 12, 457—466.

- Karis, H. Mõningate mikroelementide mõjust tomati resistentsele kuivlaiksuse ja pruunmädaniku suhtes. — EPA teaduslike tööde kogumik, 1957, 3, 127—133.
- Karis, H., Rumberg, V. Jahukasteseened dekoratiivtaimedel. Tallinn, 1966.
- Mandre, M. Antropogeensete faktorite mõjust taimede haiguskindlusele. — Väikelinnade ja maa-asulate keskkonnakaitse ja maastikuhooldus. Tallinn — Viljandi, 1983, 150—157.
- Sirendi, A. Põlevkivituhk kaaliumväetisena. — EMMTUI teaduslike tööde kogumik, 43. Maaviljelus, 1978, 56—60.
- Steinhübel, G. Nevidetel ne poskodzovanie lesných drevin prachovymi splodinami priemysel'nykh závodov. — Les (CSSR), 1967, 23, № 5, 205—211.

Таллинский ботанический сад
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
17/IV 1985

Malle MANDRE

TSEMENDITOLM KUI TAIMEDE ARENGUT MÕJUTAV ANTROPOGEEENNE TEGUR

2. Tsemenditolmu mõju taimede kasvule, produktsioonile ja jahukastesse haigestumisele

Tsemenditolmu mõjul tehaste vahetus läheduses taimede kasvukeskkonnas toimunud leelistumine ja katioonide suhte muutumine avaldab mõju taimede metabolismile. Sellest tingituna väheneb saialillede, flokside, rukki ja ristiku kasv ja biomass. Tsemenditolm on ka oluline jahukaste seente arengut pidurdav tegur, mistõttu haigustekitajate poolt põhjustatud kahjustusi esineb peremeestaimedel vähem kui kontrolltaimedel.

Malle MANDRE

CEMENT DUST AS AN INFLUENTIAL ANTHROPOGENIC FACTOR ON THE DEVELOPMENT OF PLANTS

2. Impact upon the growth and production of plants as well as their infection with powdery mildew

Changes in the structure of the substances distributed in the environment have an effect on different changes in the metabolism of plants. Cement dust is a factor which causes a decrease of growth and bioproduction of pot-marigolds, phloxes, rye and clover. Under the influence of cement dust the infection of plants with powdery mildew decreases. The main reason of the suppression of the development of powdery mildew fungus in plants is called forth by the changes in the pH of the environment to alkaline, which is unfavourable to the development of these obligate parasites.