



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.  
GENERAL

EB.AIR/WG.1/2001/9  
19 June 2001

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ПО КОНВЕНЦИИ  
О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА  
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Рабочая группа по воздействию  
(Двадцатая сессия, Женева, 29-31 августа 2001 года)  
Пункт 4 d) предварительной повестки дня

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОЗОНА НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, ВКЛЮЧАЯ  
ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО РАЗРАБОТКЕ  
МОДЕЛЕЙ И СОСТАВЛЕНИЮ КАРТ НА УРОВНЕ II

Технический доклад Координационного центра Международной совместной программы  
по воздействию загрязнения воздуха на естественную растительность и  
сельскохозяйственные культуры (МСП по растительности)

Введение

1. Одна из задач МСП по растительности заключается в составлении карт видов и сообществ естественной растительности, которые подвержены "рisku" в результате отмечающегося в Европе загрязнения окружающей среды озоном, путем установления районов, в которых распространены эти виды и сообщества и в которых регистрируются высокие уровни озона. Причиняемые озоном повреждения естественной растительности

Документы, подготовленные под руководством или по просьбе Исполнительного органа по Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и предназначенные для ОБЩЕГО распространения, следует рассматривать в качестве предварительных до их УТВЕРЖДЕНИЯ Исполнительным органом.

в Европе отмечаются в условиях окружающего воздуха (Becker *et al.*, 1989), и в сравнении с отфильтрованным воздухом в неотфильтрованном воздухе объем биомассы является меньшим (Fuhreg *et al.*, 1994; Evans and Ashmore, 1992; Pleijel *et al.*, 1996). Поэтому получение надежных экспериментальных данных, на основе которых следует устанавливать критические уровни для видов естественной растительности, становится все более приоритетной задачей. К сожалению, в отличие от ситуации с реакцией сельскохозяйственных культур с принятием решения о критериях оценки чувствительности естественной растительности к воздействию озона связаны значительные трудности. Семенной выход является возможным критерием, ориентированным на воздействие, для однолетних и двухлетних растений, однако он может не являться приемлемым для многолетних растений. На практике обычно используются такие критерии, как видимые повреждения и рост растений в озоновой среде в сравнении с ростом растений в контролируемом микроклимате. Последствия воздействия озонового загрязнения на структуру и жизнеспособность растительных сообществ еще только предстоит определить в дальнейшем.

2. В настоящем докладе рассматриваются признаки воздействия озона на виды полуестественной и естественной растительности (для целей настоящего доклада как полуестественная, так и естественная растительность будет классифицироваться как "естественная" растительность). В нем также обсуждаются нынешние критические уровни и требования для деятельности по разработке моделей и составлению карт на уровне II и приводится описание программы научных исследований МСП по растительности по вопросам воздействия озона на естественную растительность.

## I. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОЗОНА НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

3. По сравнению с сельскохозяйственными культурами причиняемые озоном повреждения на естественной растительности являются менее ярко выраженными, и их более сложно установить, поскольку их признаки варьируются от штриховатости или пятнистости листьев до их общего покраснения (общая реакция растений на оказываемый стресс). Было сообщено о появлении видимых повреждений на более чем 50 видах растительности после естественного увеличения концентраций озона в окружающем воздухе или краткосрочного искусственного воздействия в размере до 100 частей на миллиард (частей на млрд.) (подробная информация содержится в ежегодном докладе МСП по растительности за 2001 год (Mills *et al.*, 2001)). Например, Небел и Фюрер (1994 год) осуществили оценку чувствительности 31 аборигенного вида растительности в Швейцарии. Они классифицировали 6 видов как чувствительные (видимые признаки повреждений появляются после шести дней воздействия в размере 100 частей на млрд.), 15 видов как промежуточные (повреждения появлялись по истечении еще трех дней

дополнительного воздействия в размере 150 частей на млрд.) и 10 видов как стойкие к воздействию (видимые повреждения отсутствовали). В ходе более долгосрочного исследования Бергманн и другие (1996 год) зарегистрировали видимые повреждения на 11 из 16 видов естественной растительности, подвергавшихся 7-часовому воздействию в размере 70 частей на млрд. в течение суток в камерах с открытым верхом.

4. Для некоторых видов растительности может отмечаться уменьшение объема биомассы в результате воздействия концентраций озона, близких к концентрациям озона в окружающем воздухе. Например, для 18 из 27 видов растительности, изученных в Швеции, отмечается их более быстрый рост в отфильтрованном воздухе по сравнению с ростом в неотфильтрованном воздухе с добавлением озона (Pleijel and Danielsson, 1997). В ходе экспериментов, проведенных в Германии, наблюдалась потеря лиственной биомассы у некоторых видов, например, таких, как черный паслен (*Solanum nigrum*), лесной просвирник (*Malva sylvestris*) и обыкновенный крестовник (*Senecio vulgaris*), в размере более 30% при их обработке озоном с концентрацией в размере 70 частей на млрд. в течение приблизительно шести недель, в то время как для белой мари (*Chenopodium album*) и двудомной крапивы (*Urtica dioica*) не было отмечено каких-либо изменений биомассы или любых других измерявшихся параметров (Bergmann *et al.*, 1996).

5. В присутствии озона для некоторых видов растительности, таких, как овсяница овечья (*Festuca ovina*), отмечалось преимущественное фракционирование биомассы в побеги, а не в корни, что может ставить растения в неблагоприятное положение с точки зрения биологической конкуренции в тех случаях, когда они растут вместе с другими видами растений, несмотря на то, что это явление, по всей видимости, не оказывает какого-либо значительного воздействия (с точки зрения общего веса) тогда, когда растения произрастают по отдельности (Cooley and Manning, 1987, Franzaring *et al.*, 2000). Когда растение созревает, вступает в фазу цветения и дает семена, в эти поглотители поступает относительно высокая доля имеющегося ассимилята. Воздействие озона в течение этого периода времени может влиять на процесс фракционирования биомассы в эти поглотители. Например, для мака сомнительного (*Papaver dubium*) и пашенного клевера (*Trifolium arvense*) отмечается уменьшение биомассы в побегах и увеличение доли биомассы в семенах/цветках, в то время как для белой мари (*Chenopodium album*) и ананасного сорняка (*Matricaria discoidea*) наблюдается увеличение веса вегетативного побега и уменьшение доли биомассы в репродуктивной системе (Bergmann *et al.*, 1995).

## II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

6. Хотя реакция отдельных растений на воздействие озона играет важную роль, было особо подчеркнуто, что при установлении критических уровней еще более важное значение имеет воздействие озона на растительные сообщества. В этой области в дальнейшем требуется провести значительную работу, поскольку не во всех случаях можно экстраполировать результаты исследований отдельных видов на реакцию экосистемы. Поэтому необходимо непосредственно изучить воздействие озона на реальные или искусственные растительные сообщества.

7. Различия в чувствительности растений на воздействие озона могут приводить к отбору более толерантных видов. Это может оказывать воздействие на состав видов естественных растительных сообществ и потенциально приводить к элиминации наиболее чувствительных видов из состава экосистемы. Кроме того, турбулентность воздуха может также приводить к произрастанию различных видов растений в условиях, когда концентрации озона являются различными, поскольку концентрации озона в нижней и верхней части растительного покрова могут весьма сильно отличаться друг от друга.

8. В искусственных растительных сообществах воздействие озона вызывало уменьшение доли разнотравья и увеличение доли злаковых трав (Ainsworth *et al.*, 1994; Ashmore *et al.*, 1995; Ashmore *et al.*, 1996), что полностью соответствовало различиям в чувствительности к воздействию озона в тех случаях, когда растения выращивались по отдельности. Однако в рамках другого исследования было обнаружено обратное воздействие (Evans and Ashmore, 1992). Было установлено, что в этом конкретном растительном сообществе виды низкорастущих незлаковых трав являются чувствительными к изменению интенсивности света, проникающего сквозь растительный покров, в результате вызываемых озоном изменений в росте видов травянистых растений.

9. Воздействие озона на отдельные виды можно изменить за счет конкуренции растений. Например, монокультуры и смеси клевера малинового (*Trifolium incarnatum*) и райграса однолетнего (*Lolium multiflorum*) выращивались в отфильтрованном воздухе при двух значениях концентрации озона в течение шести недель (Bennett and Runeckles, 1977). Озон оказывал меньшее воздействие на урожай и листовую поверхность смеси райграса, чем клевера малинового. Хотя доля райграса являлась более значительной, при значениях концентрации в размере 90 частей на млрд. озон оказывал меньшее воздействие на общий сухой вес, урожай, листовую поверхность, соотношение листовой поверхности и число побегов в смесях видов, чем в монокультурах.

10. Дэвисон и Барнс (1998 год) отметили, что классификация видов естественной растительности в качестве чувствительных или стойких видов может быть ошибочной с учетом внутривидовой изменчивости в плане реакции на воздействие озона, такой, как реакция, обнаруженная у подорожника большого (*Plantago major*), альпийского рогоза (*Phleum alpinum*) и клевера ползучего (*Trifolium repens*). Стойкость к озону различных видов может возрастать, что имеет последствия как для динамики растительных сообществ, так и для определения критических уровней. Для того чтобы появилась стойкость к воздействию озона, экологическая приспособленность видов должна значительно уменьшиться, и поэтому выбор участков определяет степень возрастания стойкости. Рейлинг и Дэвисон (1992а) показали, что относительная стойкость подорожника большого (*Plantago major*) может быть увязана с индексом воздействия озона на участке сбора растений и с некоторыми климатическими переменными на участке, в особенности с интенсивностью солнечного света в летний период времени. В настоящее время имеющиеся данные свидетельствуют о том, что воздействие озона привело к повышению степени стойкости *Plantago major* на южной половине территории Соединенного Королевства.

### III. КРИТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

11. В ходе проведения рабочего совещания по критическим уровням для озона (уровень II) (Герцензе, Швейцария, апрель 1999 года, Fuhrer and Achermann, 1999) были пересмотрены критические уровни для видов естественной растительности. В отношении критических уровней (уровень I) были сделаны следующие рекомендации:

а) для **однолетних растений** критический уровень выражается в виде значения АОТ40 в размере 3 000 частей на млрд. х час, рассчитанного для дневного времени суток в течение трехмесячного периода времени. Критический уровень для однолетних растений совпадает с критическим уровнем для сельскохозяйственных культур (пшеница), поскольку параметром ответной реакции с самой высокой экологической значимостью для этих видов растений с коротким жизненным циклом является выход семян;

б) для **многолетних растений** (предварительный) критический уровень выражается в виде значения АОТ40 в размере 7 000 частей на млрд. х час в течение шестимесячного периода времени. Биомасса побегов и корней имеет самую высокую экологическую значимость для долгоживущих видов, и у чувствительных травяных многолетних растений, например у *Trifolium repens*, отмечается 10-процентное сокращение объема биомассы побегов на этом уровне.

(АОТ40 - это суммарная кумулятивная разность между среднечасовыми концентрациями озона (в частях на млрд.) и значением в размере 40 частей на млрд. для каждого часа, когда значение концентрации превышает 40 частей на млрд., по всем часовым интервалам в светлое время суток (когда интенсивность излучения при ясном небе превышает  $50 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ ). Единицы измерения: число частей на млрд. час или число частей на млн. час).

В обоих случаях период времени для расчета АОТ40 является гибким и должен относиться к периоду наиболее активного роста растительности. До настоящего времени пока еще не установлено никаких конкретных критических уровней для видов **двухлетних растений**.

12. Как считается, к числу наиболее важных факторов, изменяющих реакцию на воздействие озона (факторы уровня II), относятся влажность почвы и питательный режим; динамика и структура растительного сообщества; виды и генотип; микоризные взаимосвязи; осаднение азота; фенология; атмосферная проводимость; дефицит давления паров (ДДП) и температура воздуха; чувствительность к травоядным животным и болезням растений; и распространенность других загрязнителей воздуха.

13. Дефицит давления паров и дефицит влажности почвы (ДВП) были включены в этот перечень, поскольку оба эти фактора могут изменять реакцию естественной растительности на озон путем воздействия на устьичную апертуру. Однако степень ответной реакции и, следовательно, защиты является различной для каждого конкретного вида и может изменяться в зависимости от уровня конкуренции, в связи с чем весьма сложно делать какие-либо общие выводы (Bungener *et al.*, 1999a, Nussbaum *et al.*, 2000). Питательный режим является, несомненно, важным фактором, влияющим на реакцию сообществ естественной растительности на воздействие озона. До настоящего времени было проведено лишь весьма ограниченное число исследований по этому вопросу. Однако Витфилд и другие (1998 год) на примере *Plantago major* показали, что озон оказывает большее воздействие на растения с ограниченной корневой системой, испытывающие недостаток питательных веществ, чем на растения с неограниченной корневой системой.

14. Нередко уход за полустественными лугопастбищными угодьями осуществляется путем применения таких методов организации лугопастбищного хозяйства, как покос травы и кормление скота на подножном корму. Эшмор и Эйнсворт (1995 год) показали, что режим покоса травы оказывает большее воздействие на процентное содержание двух сорняковых растений (клевера ползучего (*Trifolium repens*) и вероники дубравной (*Veronica chamaedrys*)), чем даже самые высокие концентрации озона. Поэтому режим покоса травы или кормления скота на подножном корму будет являться важным фактором, изменяющим реакцию этих регулируемых растительных сообществ на воздействие озона.

#### IV. НЫНЕШНИЙ ВКЛАД МСП ПО РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ ПРЕВЫШЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ОЗОНА ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

15. Координационный центр взял на себя за сбор информации из различных международных источников по естественной растительности с целью создания базы данных о европейских видах, подверженных "риску" в связи с воздействием загрязнителей. В настоящее время также изучаются методы составления карт распределения растительных сообществ, чувствительных к воздействию озона.

16. Эта база данных разрабатывается на основе информации, опубликованной в научно-технической литературе, а также неопубликованной информации, полученной в ходе экспериментов по оценке воздействия, проводимых участниками МСП по растительности. Помимо информации о реакции на воздействие озона, эта база данных также содержит информацию о ботанических характеристиках (например, о форме листьев), фенологии (например, о том, когда протекает стадия роста и развития растений), питательных веществах, почве и климатических условиях, стратегии роста и устьичной проводимости. В эту базу данных включены только данные, собираемые действующими на протяжении длительного периода времени системами по изучению воздействия в полевых условиях.

17. База данных о естественной растительности будет расширена в ближайшие два года, когда появятся новые данные из других источников. Наиболее важным из этих источников будет проект "Воздействие компонентов глобального изменения на биоразнообразие в травянистых полустественных экосистемах" (БИОСТРЕСС) (он осуществляется под руководством г-на А. Фангмайера, университет Хоэнхайна, Германия). Рассчитанный на три года проект (2000-2002 годы) финансируется в рамках основного мероприятия "Глобальное изменение, климат и биологическое разнообразие", осуществляемого в контексте пятой Рамочной программы Европейской комиссии. В его рамках изучается более специфическое воздействие озона на состав видов в растительных

сообществах, воздействие на экосистемном уровне и, следовательно, возможная роль тропосферного озона в биологическом разнообразии и функционировании экосистем. В его осуществлении участвуют восемь научно-исследовательских институтов из шести европейских стран, а также тесно связанная с ними группа специалистов из Соединенных Штатов. По завершении проекта "БИОСТРЕСС" пользователи в рамках МСП по растительности будут обеспечены механизмом экспертной системы, который позволит предсказывать возможное воздействие озона на растительность для различных сценариев содержания озона.

18. Проект "БИОСТРЕСС" осуществляется путем комбинирования деятельности по разработке моделей и экспериментальной деятельности в единых теоретических рамках, основывающихся на экологической теории роста растительных сообществ и функциональных типов растений и их взаимосвязей. Используются два типа моделей: краткосрочная механистическая модель роста растительных сообществ и функциональная модель клеточной автоматизации, пригодная для долгосрочной имитации. Эти модели используются для проведения виртуальных экспериментов в рамках различных сценариев содержания озона. Для обоснования и калибровки моделей используются данные, полученные в ходе проведения экспериментов с типовыми растительными сообществами, которые выращиваются при различных концентрациях озона в полевых камерах с открытым верхом (мезокосмы), или со сложными полевыми растительными сообществами, подвергаемыми воздействию озона в бескамерных системах оценки воздействия в полевых условиях (сложные растительные сообщества).

19. Шесть из восьми европейских научно-исследовательских институтов, участвующих в реализации проекта БИОСТРЕСС, вносят свой вклад в деятельность по МСП по растительности. Окончательный рабочий пакет проекта посвящен разработке критических уровней озона для полуестественной растительности. Данные, полученные в ходе осуществления проекта, и данные, полученные в ходе деятельности по МСП по растительности, будут сведены в общую базу данных для определения критических уровней. Кроме того, в рамках ежегодных совещаний Целевой группы по МСП по растительности проводятся отдельные заседания по проекту БИОСТРЕСС, и Председателю и членам Руководящего комитета МСП по растительности предлагается участвовать в заседаниях пользователей, проводимых в ходе совещаний консорциума проекта БИОСТРЕСС. Дополнительная информация о проекте БИОСТРЕСС содержится в Интернете по следующему адресу: <http://www.uni-giessen.de/biostress>.



20. МСП по растительности будет также использовать данные, получаемые в ходе финансируемых за счет национальных средств экспериментов по проблемам воздействия озона, проводимых в Соединенном Королевстве, Нидерландах, Швейцарии, Словении и Испании.
21. Данные, полученные из всех этих источников, используются для идентификации видов, в наибольшей степени подверженных риску в результате загрязнения озоном, и для определения соответствующих критических уровней для различных типов естественной растительности. МСП по растительности изучит также возможность характеристики сообществ растений, чувствительных к воздействию озона, в соответствии с классификацией сред обитания ЕУНИС (<http://mrw.wallonie.be/dgrne/sibw/EUNIS>). В настоящее время эта классификация рассматривается МСП по составлению карт с целью ее использования в качестве рамок для деятельности по составлению карт типов растительности, затрагиваемых биогенным азотом.
22. Следующей задачей после установления новых критических уровней для воздействия озона на естественную растительность станет составление карт районов, в которых превышение критических уровней отмечается одновременно с произрастанием озоночувствительных растительных сообществ. В существующих картах, таких, как карта наземного покрова Стокгольмского института экологии (СИЭ), проводится различие между окультуренными и неокультуренными лугопастбищными угодьями, классифицируемыми как лугопастбищные угодья ксероморфных трав и лугопастбищные угодья гидрофильных трав в зависимости от значения рН почвы. После установления растительных сообществ, которые, как считается, являются озоночувствительными, информация о высоте их размещения, климатических параметрах, влажности почвы и параметрах рН будет использована (г-ном Л. Эмберсоном, СИЭ, Йорк; и г-ном М. Ашмором, Брэдфордский университет, Соединенное Королевство) для составления карт их "возможного" размещения в регионе ЕЭК ООН. В настоящее время также изучаются другие источники картографической информации о размещении растительных сообществ, и в сотрудничестве с Координационным центром по воздействию будут составлены соответствующие карты.

## V. БУДУЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

23. Результаты рассмотренной выше текущей деятельности должны обеспечить возможность для представления предложений по пересмотренным критическим уровням для видов естественной растительности на следующем рабочем совещании по критическим уровням для озона, которое в предварительном порядке намечено провести осенью 2002 года. Они могли бы основываться на концентрациях (например, в форме АОТ40), а не на потоках, поскольку исследование по взаимосвязям "потоки-воздействие" для этих видов проводится - с учетом такого фактора, как сложный характер сообществ естественной растительности, - с отставанием от исследования по сельскохозяйственным культурам и лесным деревьям. Тем не менее будет собрана информация о важных факторах уровня II, таких, как межвидовые и внутривидовые различия в реакции на воздействие озона, а также о влиянии конкуренции. Такая информация позволит подготовить более точные определения критических уровней для естественной растительности. В течение следующих двух лет будет продолжена дальнейшая разработка процедур составления карт растительных сообществ, подверженных риску в результате озонового загрязнения, что позволит подготовить карты превышения критических уровней для естественной растительности в 2003 году.

24. Кроме того, ожидается, что в ближайшем будущем системы биомониторинга естественной растительности на основе использования либо озоночувствительных, либо озоностойких биотипов или видов будут включены в экспериментальную программу МСП по растительности. Этим летом (2001 года) в восьми участвующих странах будет осуществляться опытное исследование с использованием озоночувствительных видов *Cirsium arvense* (бодяка полевого). После разработки соответствующего метода будет осуществляться экспериментальный протокол, включая измерение параметров устьичной проводимости. Затем этот эксперимент позволит получить данные для разработки модели "потоки - воздействие" для одного вида естественной растительности, выращиваемого на открытом воздухе, которая будет включать в себя такой аспект, как воздействие факторов уровня II.

Библиографические источники

Ainsworth, N., Ashmore, M.R., Cousins, D.A., and Thwaites, R.H. (1994). Experimental assessment of critical levels for grassland communities. In: Acid Rain and its Impact: The Critical Levels Debate. Ensis Ltd.

Ashmore, M.R. and Ainsworth, N. (1995). The effects of cutting on the species composition of artificial grassland communities. *Functional Ecology* 9: 708-712.

Ashmore, M.R., Power, S.A., Cousins, D.A., and Ainsworth, N. (1996). Effects of ozone on native grass and forb species: a comparison of responses of individual plants and artificial communities. 193-197.

Becker, K., Saurer, M., Egger, A., and Fuhrer, J. (1989). Sensitivity of white clover to ambient ozone in Switzerland. *New Phytologist* 112: 235-243.

Bennett, J.P. and Runeckles, V.C. (1977). Effects of low levels of ozone on plant competition. *Journal of Applied Ecology* 14: 877-880.

Bergmann, E., Bender, J., and Weigel, H.J. (1996). Ozone and natural vegetation: Native species sensitivity to different ozone exposure regimes. *Critical levels for ozone in Europe: Testing and finalizing the concepts. UN/ECE* 205-209.

Bergmann, E., Bender, J., and Weigel, H. (1995). Growth responses and foliar sensitivities of native herbaceous species to ozone exposures. *Water, Air and Soil Pollution* 85: 1437-1442.

Bungener, P., Balls, G.R., Nussbaum, S., Geissmann, M., Grub, A., and Fuhrer, J. (1999a). Leaf injury characteristics of grassland species exposed to ozone in relation to soil moisture condition and vapour pressure deficit. *New Phytologist* 142: 271-282.

Cooley, D.R and Manning, W.J. (1987). The impact of ozone on assimilate partitioning in plants: A review. *Environmental Pollution* 47: 95-113.

Davison, A.W. and Bames, J.D. (1998). Effects of ozone on wild plants. *New Phytologist* 139: 135-151.

Evans, P.A. and Ashmore, M.R. (1992). The effects of ambient air on a semi-natural grassland community. *Agriculture, ecosystems and environment* 38: 91-97.

Franzaring, J., Tonneijck, A.E.G, Kooijman, A. W. N. and Dueck, Th. (2000). *Environmental and Experimental Botany* 44: 39-49.

Fuhrer, J. and Achenuann, B. (1999). Critical Levels for Ozone - Level n. Environmental Documentation No. 115. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Bern, Switzerland.

Fuhrer, J., Shariat-Madari, H., Perler, R., Tschannen, W., and Grub, A. (1994). Effects of ozone on managed pasture: II. Yield, species composition, canopy structure, and forage quality. *Environmental Pollution* 86: 307-314.

Mills, G.E., Hayes, F.H., and Reynolds, B. (2001). Air Pollution and Vegetation: UN/ECE ICP Vegetation Annual Report 2000/2001. Prepared for the twentieth session of the Working Group on Effects, August 2001.

Nebel, B. and Fuhrer, J. (1994). Inter- and Intraspecific differences in ozone sensitivity in semi-natural plant communities. *Angew.Bot.* 68: 116-121.

Nussbaum, S., Bungener, P., Geissmann, M. and Fuhrer, J. (2000). Plant - plant interactions and soil moisture might be important in determining ozone impacts on grassland. *New Phytologist* 147: 327-335.

Pleijel, H. and Danielsson, H. (1997). Growth of 27 herbs and grasses in relation to ozone exposure and plant strategy- *New Phytologist* 135: 361-367.

Reiling, K- and Davison, A.W. (1992a). Spatial variation in ozone resistance of British populations of *Plantago major* L. *New Phytologist* 111: 699-708.

Whitfield, C.P., Davison, A.W., and Ashenden, T.W. (1998). The effects of nutrient limitation on the response of *Plantago major* to ozone. *New Phytologist* 140: 219-230.

Примечание: Эти библиографические источники воспроизводятся в том виде, в каком они были получены секретариатом.

-----