



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.
GENERAL

EB.AIR/WG.1/2000/8
2 June 2000

RUSSIAN
Original: ENGLISH

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ПО КОНВЕНЦИИ
О ТРАНСГРАНИЧНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУХА
НА БОЛЬШИЕ РАССТОЯНИЯ

Рабочая группа по воздействию
(Девятнадцатая сессия, Женева, 23-25 августа 2000 года)
Пункт 4 d) предварительной повестки дня

ХОД ИССЛЕДОВАНИЯ, КАСАЮЩЕГОСЯ ОСАЖДЕНИЯ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Краткий доклад Координационного центра Международной совместной программы
по воздействию загрязнения воздуха на естественную растительность
и сельскохозяйственные культуры (МСП по 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.

I. ИНФОРМАЦИЯ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

1. В 1998 году в Орхусе (Дания) был принят первый Протокол об ограничении выбросов тяжелых металлов, который был подписан 36 Сторонами Конвенции. В Протоколе по тяжелым металлам указывается, что основанный на воздействии подход должен охватывать соответствующую информацию для целей формулирования будущих стратегий оптимизированного ограничения с учетом экономических и технологических факторов (статья 6). Незадолго до принятия Протокола на рабочем совещании, состоявшемся в 1997 году в Бад-Харцбурге (Германия), были рассмотрены методы применения основанного на воздействии подхода (ЕВ.AIR/WG.1/1998/13). Участники рабочего совещания сделали вывод о необходимости проведения дополнительных исследований с целью установления методов расчета критических значений для тяжелых металлов. Было указано на отсутствие достаточного объема информации об осаждении на сельскохозяйственные культуры, и в этой связи в 1998 году в план работы МСП по растительности были включены такие измерения. Полученные результаты были представлены на последующем рабочем совещании по основанным на воздействии подходам для тяжелых металлов, состоявшемся в 1999 году (Шверин, Германия, ЕВ.AIR/WG.1/2000/10). Второй цикл взятия проб и аналитических измерений планируется провести в течение текущего экспериментального сезона МСП по растительности. Кроме того, в настоящее время МСП по растительности включает текущий проект по исследованию осаждения тяжелых металлов на мхи, осуществляемый в более чем 30 странах, в свою программу работы.

2. В Орхусском протоколе по тяжелым металлам 1998 года основное внимание уделяется трем особенно вредным металлам: кадмию, свинцу и ртути. Анализ на предмет содержания свинца и кадмия проводился в рамках анализа клонов клевера, использовавшихся в ходе экспериментов по озону МСП по растительности. Содержание ртути не измерялось в связи с тем, что ее летучесть может привести к ее выделению из растений, и в результате количественное определение ее содержания в подвергнутых сушке материалах будет сложным и ненадежным. Вместо этого определялось содержание мышьяка и меди, поскольку эти два элемента могут также оказывать вредное воздействие в случае их накопления в окружающей среде или пищевых продуктах и поскольку вопросы, связанные с этими двумя элементами, ранее уже обсуждались в ходе деятельности по Конвенции.

3. Данные об осаждениях на выращиваемых растениях имеют важное значение для проверки достоверности карт осаждения тяжелых металлов, которые были подготовлены на основе данных о непосредственном осаждении в плювиографах или эквивалентных приборах. Значения, полученные с помощью таких приборов для измерения уровня

осаждения, необязательно относятся к поглощению тяжелых металлов растительностью. Во-первых, осаждение тяжелых металлов должно перехватываться растениями либо непосредственно через листья, либо опосредованно в результате осаждения в почву и последующего поглощения корнями. Затем отложения могут выноситься дождем, ветром или во время образования росы и т.д., и впоследствии любые накопленные металлы могут оказываться в травяной подстилке. Таким образом, растения накапливают тяжелые металлы путем их поглощения корнями и перехвата листьями пылевых частиц, переносимых в местном масштабе или на большие расстояния. Накопление пылевых отложений живыми растениями – это динамический процесс. Рост объема биомассы уменьшает концентрацию металлов, однако при этом размеры растительного покрова почвы увеличиваются, в результате чего перехватывается большее количество частиц. На основе данных о концентрации тяжелых металлов в растительной биомассе, площади, покрытой растительным покровом в момент уборки урожая, и периода воздействия можно рассчитать часть вертикального потока, накапливаемого растениями. Затем значение этого потока можно сравнить с величиной пылевых отложений, измеренной с помощью плювиографов.

II. ЦЕЛИ

4. Цели настоящего исследования заключались в следующем:

- a) установить возможность использования системы клонов белого клевера для оценки осаждения тяжелых металлов на участках МСП по растительности;
- b) проанализировать взятые на этих участках образцы клевера на предмет содержания свинца, кадмия, меди и мышьяка;
- c) рассмотреть вопрос о том, каким образом этот подход можно использовать для обоснования моделей осаждения тяжелых металлов ЕМЕП;
- d) инициировать передачу программы "Тяжелые металлы во мхах" в МСП по растительности.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД И ОБОСНОВАНИЕ

5. Образцы, взятые в течение экспериментального сезона 1998 года (а также один образец, взятый в течение экспериментального сезона 1999 года) МСП по растительности, использовались для оценки осаждения тяжелых металлов на 18 экспериментальных участках. Участники выращивали озоночувствительные (NC-S) и озоностойкие (NC-R)

клоны в 15-литровых вегетационных сосудах на открытом воздухе согласно стандартному протоколу (ЕЭК ООН, 1998 год). С целью анализа в Ветеринарный и агрохимический научно-исследовательский центр (ВАР), расположенный в Тервурене (Бельгия), было направлено по два образца высушенного собранного растительного материала (листья и стебли) каждого клона по каждому 28-дневному интервалу сбора растений. Образцы, полученные во время первых сборов растений, не анализировались, поскольку на этом этапе растения укоренялись на открытом воздухе. Растительный материал, полученный во время третьего и четвертого сбора растений, по каждому участку анализировался на предмет содержания свинца, кадмия, меди и мышьяка. Поскольку почвенный субстрат не был стандартизирован на каждом участке, образцы, взятые на различных участках, также подвергались анализу.

6. Анализ образцов был проведен ВАР с использованием технологии, основывающейся на разработанном в СИИ (Межинститутском комитете по изучению аналитических методов) методе озоления высушенных материалов, растворения в HNO_3 и измерения с помощью атомного абсорбционного спектрометра с графитовой печью (ААС-ГП). Этот же метод использовался для анализа органических торфяных почв. Минеральные почвы извлекались в помощью HNO_3/HCl с концентрацией 1:3 (aqua regia) и анализировались с помощью ААС-ГП. Пределы обнаружения были установлены в размере 0,08, 0,025, 1,0 и 0,009 мкг/г сухого вещества соответственно для свинца, мышьяка, меди и кадмия.

7. Результаты анализа двойных образцов (два резервуара на каждый клон) свидетельствуют о том, что воспроизводимость результатов измерений является удовлетворительной для различных элементов. Несмотря на разную скорость роста клонов NC-S и NC-R на некоторых участках, в биологической аккумуляции мышьяка, кадмия, меди и свинца не отмечается каких-либо заметных различий между клонами (например, свинец, рис. I). При сравнении концентраций тяжелых металлов в клевере прирост растений не играет особенно важной роли, поскольку возрастание объема биомассы связано с увеличением поверхности листовой и более эффективным перехватом осаждения пыли. Однако в целях предосторожности в настоящем документе представлены данные, относящиеся только к клону NC-R.

8. Еще одно соображение касается воздействия поглощения тяжелых металлов корнями на их содержание в листе с учетом того, что на каждом отдельном участке использовались различные субстраты. Органические и минеральные субстраты рассматривались отдельно (таблица 1). Не было обнаружено никакой четкой зависимости между содержанием свинца и кадмия в питательной среде и растительной массе клевера, и этот факт свидетельствует о том, что содержания кадмия и свинца в почве не является доминирующим источником наличия этих элементов в надземной

биомассе. Что касается меди, то ее содержание в минеральной почве связано с ее содержанием в самих растениях (рис. II), но в случае органических почв такой взаимосвязи не существует. Таким образом, за возможным исключением измерений содержания меди в клевере, выращенном на минеральной почве, роль почвенного субстрата является незначительной, и можно полагать, что измеренное содержание тяжелых металлов объясняется главным образом их атмосферным осаждением на листовую поверхность.

IV. ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КЛЕВЕРЕ

9. На рис. III отражено среднее содержание тяжелых металлов в растительной массе клевера на участках, включенных в программу. Естественное содержание тяжелых металлов, связанное с их поглощением корнями, в листьях клевера является низким, и в ряде случаев оно было ниже пределов обнаружения в размере 0,08, 0,025 и 0,009 мкг/г сухого вещества, установленных соответственно для свинца, мышьяка и кадмия. Медь, являющаяся существенно важным элементом питания растений, присутствовала в них в более высоких концентрациях.

Таблица 1: Регрессия содержания тяжелых металлов в почвенном субстрате в сравнении с содержанием тяжелых металлов в растительной массе клевера

	r^2 линейной регрессии	
	Органический субстрат	Минеральный субстрат
Содержание свинца	0,04	0,01
Содержание кадмия	-0,2	0,01
Содержание меди	0,32	0,60

Примечание: Исследовать эту взаимосвязь для мышьяка не представлялось возможным, поскольку на большинстве участков уровни его содержания были ниже пределов обнаружения.

10. Среднесезонные концентрации свинца в клевере изменялись в пределах от 0,24 мкг/г сухого вещества в прибрежных районах Франции, Уэльса и Германии до 2,0 мкг/г сухого вещества в центральной Европе. Самые высокие уровни осаждения свинца были зарегистрированы в Кёльне, Германия, Тервурене, Бельгия, Каденаццо, Швейцария, и Риме, Италия, и в определенной степени могут объясняться весьма интенсивным движением транспорта в этих районах. Что касается кадмия, то значения концентраций изменялись в пределах от 0,019 до 0,12 мкг/г сухого вещества. Наиболее высокие

концентрации кадмия в клевере были зарегистрированы в Тервурене – Бельгия, Кёльне – Германия и Триере – Германия и в окружающих районах. Карты выбросов кадмия также свидетельствуют о том, что в этих районах отмечаются высокие уровни его выбросов. Естественное содержание мышьяка в клевере является очень низким, и на более чем половине участков оно было ниже предела обнаружения, установленного в размере 0,025 мкг/г сухого вещества, или весьма близко к нему. Среднесезонные значения значительно превышали естественное содержание мышьяка за счет его поглощения корнями только на следующих участках: Изола-Серафини, Италия (0,074 мкг/г), Мадрид, Испания (0,090 мкг/г), Наварра, Испания (0,081 мкг/г), и Рим, Италия (0,114 мкг/г). На основе рассмотрения содержания меди в образцах клевера весьма сложно делать какие-либо выводы, поскольку поглощение меди корнями может в значительной степени определять ее общее содержание в клевере. Тем не менее самые высокие значения были зарегистрированы на участках, расположенных в непосредственной близости от больших городов или затрагиваемых крупными автодорогами.

11. Что касается большинства экспериментальных участков, то накопление тяжелых металлов может увязываться с отложением пыли на листьях в процессе переноса тяжелых металлов на большие или средние расстояния, поскольку не было известно о существовании каких-либо крупных местных источников. Роль такого фактора, как перенос тяжелых металлов на небольшие расстояния, может быть заметной на участках, расположенных в крупных городах или в непосредственной близости от районов с высокой интенсивностью дорожного движения.

V. ПРОЕКТ "ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ ВО МХАХ"

12. На восемнадцатой сессии Рабочей группы по воздействию (ЕВ.AIR/WG.1/1999/2, пункты 28 и 30) было принято решение о распространении МСП по растительности на еще одно направление деятельности. Спустя некоторое время после успешного завершения вышеуказанного экспериментального исследования по вопросу об осаждении тяжелых металлов в клевере МСП по растительности было предложено взять на себя ответственность за координацию уже сложившейся программы, в рамках которой осуществляется мониторинг осаждения тяжелых металлов во мхах. Масштабы деятельности этой программы, первоначально организованной в 1980 году в качестве совместной датско-шведской инициативы, постоянно увеличиваются, и в ходе последнего обзора, проведенного в 1995 году, в ней участвовало уже 30 европейских стран. В рамках последнего обзора было проведено около 64 000 измерений, что позволило создать всеобъемлющую картину осаждения металлов в масштабах всей Европы (Rühling and Steinnes, 1998). Использование мхов для такого типа обзора имеет ряд преимуществ в сравнении с традиционным анализом осадков, поскольку взятие проб, для которого не

требуется дорогостоящее оборудование, сопряжено с меньшими трудностями и более высокие концентрации микроэлементов упрощают проведение анализа, который становится в меньшей степени зависимым от влияния посторонних факторов. Было использовано несколько регрессионных методов с целью увязывания результатов обследований мхов с данными мониторинга осадков (Berg and Steinnes, 1997). Хотя в настоящее время Совет министров Северных стран через свою Рабочую группу по мониторингу и данным способствует осуществлению начальных этапов обследования 2000 года, его первоначальный мандат по содействию развитию и согласованию методологий уже выполнен, особенно в связи с тем, что эта программа уже значительно вышла за свои первоначальные рамки проекта, осуществлявшегося силами одних только Северных стран. Поэтому МСП по растительности было предложено охватить своим мандатом эту программу с целью использования этого важного источника данных для Протокола по тяжелым металлам. Данная программа с 1 апреля 2001 года официально будет осуществляться в рамках этого мандата в сотрудничестве с ЕМЕП, Координационным центром по воздействию, МСП по составлению карт и МСП по комплексному мониторингу. Тем временем выборочное обследование 2000 года будет проводиться под руководством профессора Рюхлинга (Лундский университет, Швеция), а МСП по растительности приступит к упорядочиванию данных.

VI. ВЫВОДЫ

13. Представленные результаты показывают, что система клонов клевера, предназначенная для регистрации воздействия озона, может иметь двойную цель при ее использовании для мониторинга осаджений тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах. Соображения относительно вклада такого фактора, как корневое поглощение тяжелых металлов, остаются по большей степени необоснованными для мышьяка и свинца, поскольку эти элементы неактивно усваиваются растениями, и в этой связи между их содержанием в почве и растительной массе не существует какой-либо связи. Однако тип почвы и кислотность имеют важное значение для поглощения меди и, в меньшей степени, кадмия. В целях повышения степени сопоставимости результатов все участки должны по возможности иметь стандартную структуру почвы. К сожалению, эту задачу не удалось решить в ходе предыдущих экспериментов МСП по растительности, поскольку обеспечить одинаковый рост растений на стандартном субстрате на всех участках сети с различными климатическими условиями не представлялось возможным. Кроме того, было установлено, что основные вещества для субстрата не являются одинаковыми в различных странах.

14. Полученные данные свидетельствуют о наличии ряда специфических особенностей. Например, на участке в Риме, Италия, зарегистрированы самые высокие уровни

содержания свинца, меди и мышьяка. Поскольку этот участок расположен в непосредственной близости от центра Рима, следует, по всей вероятности, полагать, что эти высокие значения объясняются, возможно, осаждением пыли из местных источников. Другие участки, расположенные вблизи от центра города, например участки в Мадриде, Испания, Триере, Германия, и Кёльне, Германия, также входят в группу участков, на которых зарегистрированы самые высокие уровни содержания всех тяжелых металлов. Более приемлемо анализировать содержание металлов на расположенных в сельской местности участках, находящихся вдали от местных источников, таких, как скоростные автодороги, с целью отражения вклада, связанного с переносом металлов на большие расстояния. В эту категорию входят такие участки, как Зайберсдорф, Австрия, и Вагенинген, Нидерланды, на которых зарегистрированы сходные средние уровни содержания всех четырех тяжелых металлов. При этом на аналогичном участке в Дойзельбахе, Германия, расположенном в сельской местности, зарегистрированы сопоставимые уровни содержания трех металлов, однако на нем также обнаружено самое высокое содержание кадмия среди всех участков, на которых не отмечается какого-либо заметного поглощения металлов корнями. Это позволяет сделать предположение о том, что на этом участке, возможно, на клевер осаждаются выбросы из местного источника кадмия.

15. Без учета вклада местных источников общие структуры распределения содержания свинца и кадмия на участках МСП по растительности в значительной степени совпадают со структурами, прогнозируемыми в рамках проекта ЕСКУАД (1994 год). Например, содержание свинца является "высоким" на участках, расположенных в странах Бенилюкса, Швейцарии и северной части Германии, где, согласно прогнозам, существуют высокие уровни его осаждения. Аналогичным образом структуры распределения концентраций тяжелых металлов во мхах, указываемые в финансируемом Советом министров Северных стран проекте (Ruhling and Steinnes, 1998), в целом отражают структуры, определенные в рамках МСП по растительности. Однако концентрации металлов во мхах, зарегистрированные в рамках осуществляющегося при поддержке Совета министров Северных стран проекта, приблизительно в десять раз превышают их концентрации в клонах клевера. Это может объясняться различиями в периоде воздействия (28 дней в сравнении с неопределенным периодом, отражающим возраст мха), физиологическими различиями между рецепторами, различиями в химическом составе использовавшегося субстрата (питательная среда в сравнении с лесными почвами) или различиями в районе взятия проб (открытое поле в сравнении с лесорасчисткой).

16. Это предварительное исследование свидетельствует о том, что система клонов клевера может использоваться для мониторинга осаждения тяжелых металлов на участках МСП по растительности. Следующий этап заключается в повторном взятии проб в

2000 году на основе пересмотренного экспериментального протокола. Будут проведены дополнительные измерения, такие, как измерения индекса площади листьев, с целью расчета интенсивности осаждения металлов. Эти результаты вместе с результатами, полученными в ходе обследования мхов 2000 года, в конечном итоге будут использоваться для подтверждения достоверности карт осаждения ЕМЕП и ЕСКУАД.

VII. ДАЛЬНЕЙШАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

17. МСП по растительности продолжит изучение осаждения тяжелых металлов в клевере и включит проект по мхам в свою программу работы, используя следующие подходы:

- a) осаждение тяжелых металлов в клевере:
 - i) летом 2000 года будет проведена новая программа взятия проб, после чего будет осуществлен их анализ на предмет содержания свинца, кадмия, мышьяка и меди;
 - ii) будет рассчитана интенсивность осаждения металлов в клевер путем включения общей площади листьев клевера;
 - iii) показатели осаждения в клевер на участках МСП по растительности будут сопоставлены с картами осаждения и картами содержания тяжелых металлов во мхах ЕСКУАД;
- b) осаждение тяжелых металлов во мхах:
 - i) проф. Рюхлингу (Лундский университет, Швеция) будет оказана помощь в организации проведения в 2000 году обследования по содержанию тяжелых металлов, и эта мера упростит процесс передачи программы в ведение МСП по растительности начиная с 1 апреля 2001 года;
 - ii) данные, полученные в ходе обследования 2000 года, будут отсортированы, проанализированы и представлены в докладе с цветными иллюстрациями основных результатов;
 - iii) данные, полученные в ходе четырех предыдущих обследований, будут преобразованы в данные, пригодные для составления карт и анализа тенденций, отмечаемых в данных;

- iv) будут изучены пути оценки фактического осаждения тяжелых металлов на поверхности суши на основе данных обследования мхов, что позволит составить карты осаждения.

VIII. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ

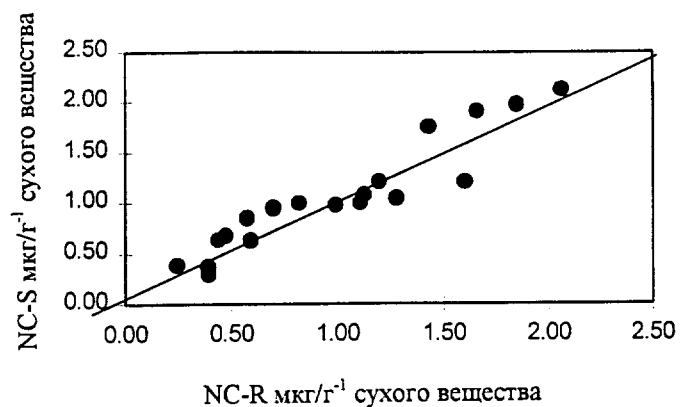


Рисунок I: Содержание свинца в колонке NC-R в сравнении с клоном NC-S

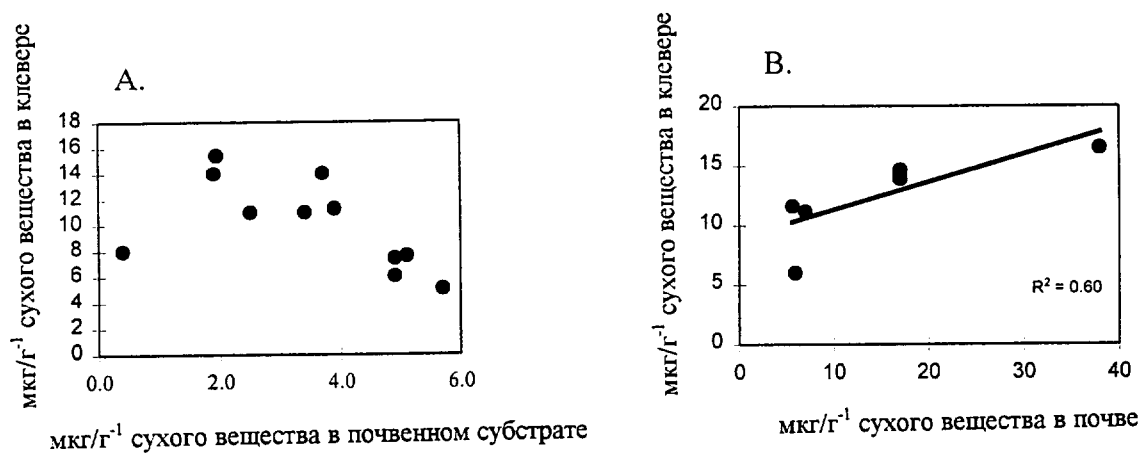


Рисунок II: Взаимосвязь между содержанием меди в растительной массе клевера и содержанием меди в субстрате органической (А) и минеральной (В) почвы, использовавшейся на участках

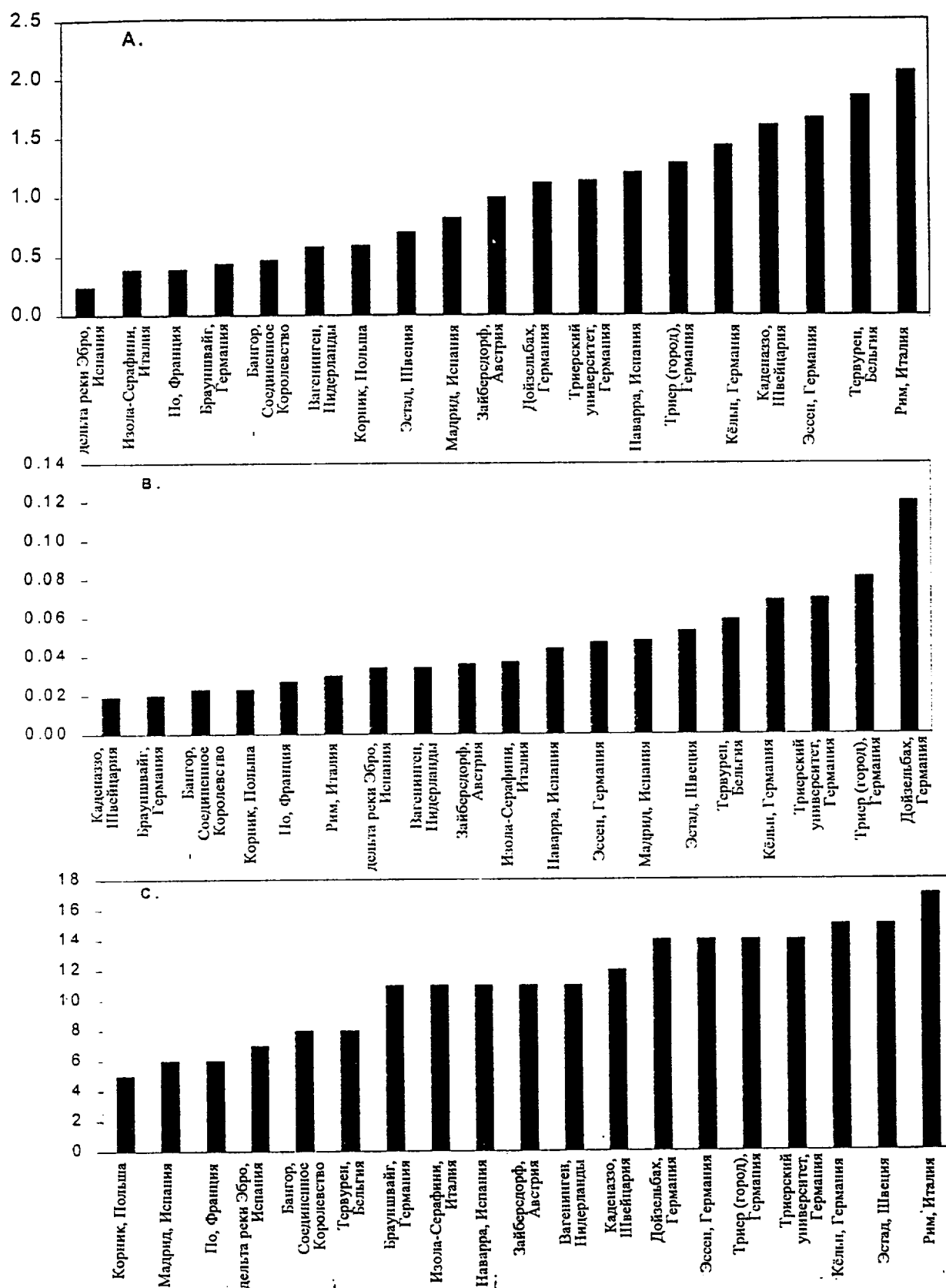


Рисунок III: содержание свинца (А), кадмия (В) и меди (С) в растительной массе клона NC-R белого клевера. Каждое значение отражает среднее содержание металлов по каждому 28-дневному интервалу сбора растений в мкг/г⁻¹ - сухого вещества. Участки расположены в порядке возрастания уровня содержания металлов.