

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 550.4.02 : 553.661 : 631.4 : 634.8 (497.11)

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация

В статье приведены результаты исследований накопления в почве и миграции по склону меди в результате длительного применения медьсодержащих пестицидов в возрастных (более 200 лет) виноградниках с разными системами культивирования в условиях региона Фрушка Гора Автономного края Воеводина Республики Сербия. Объектом исследования выступила бурая лесная остаточно-карбонатная почва ампелоценозов, расположенных в условиях склонового ландшафта различной протяженности, крутизны и экспозиции. Результаты исследований показали, что валовое содержание меди в почве постоянно задерненного склона крутизной 10° в хозяйстве с архаичной штабровой системой ведения куста оказалось в среднем в 2–4 раза выше, чем в хозяйстве с традиционной системой культивирования винограда на склоне крутизной 5°, и варьировало в диапазонах 84,5-136,6; 72,3-189,4 и 41,0-247,5 мг/кг в горизонтах 0-5, 5-15 и 15-30 см, соответственно. Миграция меди от верхних к подчиненным элементарным ландшафтам наблюдалась в обоих виноградниках, но с разной интенсивностью. Значения коэффициента латеральной дифференциации в хозяйствах с меньшей и большей крутизной склона составили 0,90-1,45 и 0,96-5,57, соответственно, с максимальными значениями в трансакумулятивной фации на глубине 15-30 см. Установлено превышение на 21–47% максимально допустимого в Республике Сербия количества меди в поверхностном горизонте почвы транзитного участка склона ампелоценоза с архаичной системой культивирования, тогда как в нижней части склона отмечалось двух-трехкратное превышение нормативного значения в горизонтах 5-15 и 15-30 см.

Ключевые слова: МЕДЬ, МЕДЬСОДЕРЖАЩИЕ ПЕСТИЦИДЫ, ВИНОГРАДНИКИ, АМПЕЛОЦЕНОЗ, АККУМУЛЯЦИЯ, ЛАТЕРАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ, СКЛОН, КРУТИЗНА СКЛОНА, БУРАЯ ЛЕСНАЯ ПОЧВА

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Введение

Применение медьсодержащих фунгицидов для борьбы с болезнями растений имеет давние традиции с того момента, когда в 1885 году Пьер-Мари Алексис Мильярде случайно обнаружил эффективность нейтрализованного медного купороса для борьбы с мучнистой росой виноградной лозы [1, 2]. Это открытие произвело революцию в сельскохозяйственном производстве, поскольку было получено первое эффективное средство защиты растений от фитопатогенов. Несмотря на то, что с тех пор было открыто множество противогрибковых активных веществ, препараты на основе меди по-прежнему широко используются как в традиционном, так и в органическом земледелии, что обусловлено их многочисленными преимуществами и отсутствием достойных альтернатив. Одним из основных достоинств меди является ее широкий спектр активности против бактерий, оомицетов, аскомицетов и базидиомицетов, включая болезни мирового масштаба, такие как мучнистая роса винограда и альтернариоз картофеля. Среди других полезных агрономических свойств медьсодержащих препаратов называют их высокую эффективность в дождливую погоду, минимизирующий риск развития устойчивых штаммов патогенов механизм действия, относительно низкую острую токсичность для наземных позвоночных, а также низкую стоимость [3].

При всех отмеченных преимуществах имеются также существенные недостатки применения медьсодержащих фунгицидов, которые привели к постепенному введению ограничений на их использование в странах Евросоюза. Главными экологическими рисками считаются накопление меди в почве виноградников, плодовых садов и оливковых рощ с последующей миграцией в базовых компонентах экосистем и перемещением по пищевым цепям, получение продукции ненадлежащего качества, а также негативное воздействие на почвенную биоту [3]. Максимальное количество меди, разрешенное для применения в защите растений, в настоящее время ограничено европейским законодательством дозой 28 кг на гектар в течение 7 лет (Регламент ЕС № 2018/1981 [4]). Исходя из включения фунгицидов на основе меди в список кандидатов на замещение (часть E приложения к Регламенту ЕС № 540/2011) [5], можно сказать, что конечной целью, которую преследует Еврокомиссия, является постепенный отказ от этого вида препаратов. В отдельных европейских странах (Дания, Финляндия, Нидерланды, Швеция, Норвегия) применение соединений меди в качестве защитного средства уже полностью запрещено [2].

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

В органическом земледелии фунгициды и удобрения на основе меди пока разрешены (Регламент ЕС № 2021/1165) [6].

В европейской базе данных Topsoil проекта LUCAS, в рамках которого было выполнено единовременное обследование землепользования и растительного покрова 25 государств Европейского Союза, концентрация меди в 342 почвенных образцах, отобранных на виноградниках (1,6% от общего количества образцов почв с участков с разным типом землепользования), была наиболее высокой и составила в среднем 49,26 мг/кг с очень высокой вариабельностью между странами [7]. Кроме того, в почвах под виноградниками обнаружена наибольшая доля (14,6%) почвенных образцов с содержанием меди, превышающим установленный в Европе допустимый уровень в 100 мг/кг [8]. В основном, речь идет о виноградниках из регионов Франции и Италии. Так, на виноградниках во французских провинциях Аквитания, Лангедок–Руссильон и Прованс–Альпы–Лазурный берег в половине образцов почвы концентрация меди превышала пороговое значение [9]. В итальянской провинции Тренто средняя концентрация меди составила 220,9 мг/кг, в провинции Эмилия–Романья - 110,44 мг/кг. Эти данные согласуются с фактом, что Франция и Италия закупают наибольшие объемы фунгицидов в Европейском Союзе.

Последствие применения медьсодержащих противогрибковых препаратов для защиты винограда во многом зависит от практикуемых в разных странах агротехнических приемов его культивирования. Технологии и способы выращивания, применяемые сорта, система содержания междурядий, дозы и частота защитных обработок и многое другое, несомненно, оказывают влияние на уровень загрязнения медью почв ампелоценозов. Так, применение медьсодержащих фунгицидов в Испании не имеет таких давних традиций, как в Италии и Франции, что, возможно, связано с более засушливым климатом. Кроме того, длительность исторического периода, в течение которого проводились обработки препаратами на основе меди и их системность, как свидетельствуют результаты исследований, способствует более высокому накоплению элемента в почве ампелоценозов [10]. В этой связи представляет большой научный интерес характер накопления и распределения меди по склону и профилю почвы в результате многолетнего систематического применения в составе фунгицидов в районах с многовековой историей виноделия. К ним по праву относится Балканский винодельческий регион, где виноград

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

начали выращивать задолго до греков и римлян. В связи с этим целью настоящей работы явилась экологическая оценка накопления и миграции меди в почве в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в возрастных (более 200 лет) ампелоценозах склонового типа в условиях горной гряды Фрушка Гора Автономного края Воеводина Республики Сербия.

Объекты и методы

Объект исследования – бурая лесная остаточно-карбонатная (Eutric Cambisols, FAO (1988), Naplic Cambisols Calcaric, WRB (2006)) почва под виноградниками двух частных винодельческих хозяйств, расположенных в условиях склонового ландшафта различной протяженности, крутизны и экспозиции юго-восточной и северо-восточной части горной гряды Фрушка Гора на Среднедунайской возвышенности (Правобережье Дуная) в Автономном крае Воеводина Республики Сербия (рис. 1).

Информация об особенностях расположения ампелоценозов в ландшафте, возрасте и сорте культивируемых насаждений представлена в таблице 1.

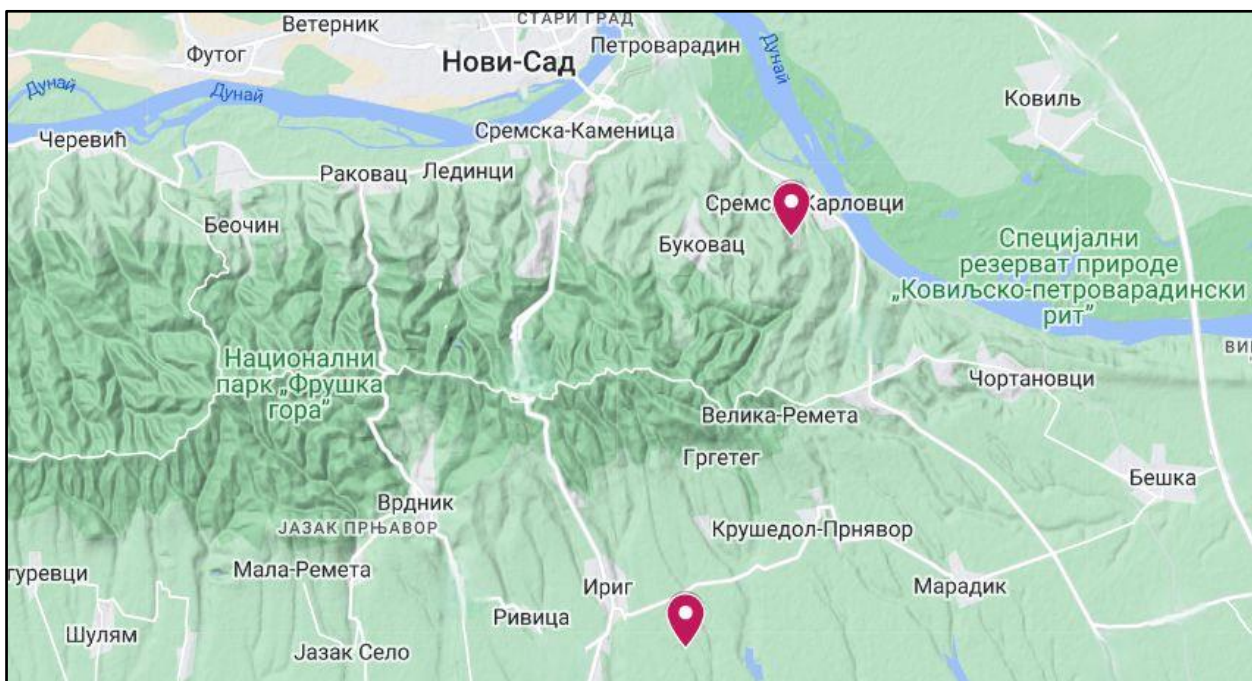


Рис. 1. Расположение региона исследования и винодельческих хозяйств у городов Ириг и Сремски Карловци

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Таблица 1. Характеристика исследуемых ампелоценозов региона Фрушка-гора, Республика Сербия

Местоположение	Виноградник			Склон		
	Система ведения куста	Период культивирования, лет	Сорт	Экспозиция	Крутизна, град.	Протяженность, м
г. Ириг, с/п Плавуля	Вертикальная шпалера	Более 300	Мерло	Южная	5	55
г. Сремски Карловци, с/п Черат	Кустовая (штамбовая)	Более 200	Сланкаменка (автохтонный)	Восточная	10	64

Климат региона исследования умеренно-континентальный с элементами субгумидного и мезотермического в отдельных локациях. Среднегодовая температура воздуха в районе исследования составляет 11,8°C, среднегодовое количество осадков - 764 мм.



Рис. 2. Виноградник у сельского поселения Плавуля (г. Ириг), Республика Сербия

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Исследуемые хозяйства практикуют разные системы культивирования винограда: хозяйство у сельского поселения (с/п) Плавуля (рис. 2) – традиционную шпалерно-рядовую систему ведения куста с задерненными, периодически культивируемыми междурядьями; хозяйство вблизи с/п Черат (рис. 3) - архаичную кустовую (штамбовую) систему ведения кустов винограда, равномерно распределенных по естественно и постоянно задерненному склону и обрабатываемых полностью вручную.



Рис. 3. Виноградник у сельского поселения Черат (г. Сремски Карловци), Республика Сербия

Отбор почвенных проб производили в рядах и междурядьях (с/п Плавуля) и рядом с кустами, и между ними (с/п Черат) в пределах сопряженных транзитных ландшафтов склонов (по М.А. Глазовской, 2002) [11]: трансэлювиального (верхняя часть склона $T_1^э$, средняя часть склона $T_2^э$, ниже по склону $T_3^э$ - с/п Плавуля) и трансэлювиально-

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

аккумулятивного (трансаккумулятивного) (нижняя $T^{эа}$ часть склона - с/п Черат). Точечные почвенные пробы отбирали почвенным буром с глубины 0–5, 5–15 и 15–30 см в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, из шести точечных проб получали объединенную пробу. Пробоподготовку отобранных почвенных проб выполняли в соответствии с ГОСТ ISO 11464–2015. Определение валового содержания меди в почве проводили атомно-абсорбционным методом согласно М-МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложений методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии» (1М HNO_3 вытяжка) с использованием системы пробоподготовки Milestone ETHOS UP.

Коэффициент латеральной дифференциации L меди в почве сопряженных элементов элювиального и трансэлювиального геохимического ландшафта определяли по формуле:

$$L = \frac{Lx(\text{подч.})}{Lx(\text{авт.})}$$

где $Lx(\text{подч.})$ – концентрация меди в подчиненном элементарном геохимическом ландшафте (средней части склона $T_2^э$ или нижней части склона $T_3^э$ и $T^{эа}$), $Lx(\text{авт.})$ – концентрация меди в верхней части склона трансэлювиального $T_1^э$ геохимического ландшафта.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием программ RStudio и Statistica.

Результаты и обсуждение

Оба исследуемых виноградника располагались в историческом винодельческом регионе на склонах горной гряды Фрушка Гора, культура возделывания винограда в котором охватывает период в более чем пять столетий. Несмотря на длительный период культивирования винограда в обоих хозяйствах, валовое содержание меди в почве данных ампелоценозов достоверно отличалось (табл. 2, рис. 4).

Почва транзитного участка склона, на котором располагался виноградник у с/п Черат, характеризовалась в 2,0–2,3; 1,3–2,2 и 1,4–3,9 раза большим уровнем накопления меди в рядах и в 1,6–2,8; 1,5–3,3 и 4,3 раза - в междурядьях в горизонтах 0–5, 5–15 и 15-30 см, соответственно, по сравнению с виноградником у с/п Плавуля.

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Таблица 2. Валовое содержание меди (Cu, мг/кг) в почве транзитного ландшафта под виноградниками с традиционной (с/п Плавуля) и архаичной (с/п Черат) системой культивирования региона Фрушка-гора, Республика Сербия

Местоположение хозяйства	Тип элементарного ландшафта	Глубина, см					
		0-5		5-15		15-30	
		Ряд	Междурядье	Ряд	Междурядье	Ряд	Междурядье
г. Ириг, с/п Плавуля	T ₁ ^э	54,3	52,4	50,1	50,1	43,4	47,8
	T ₂ ^э	67,2	53,9	56,1	45,0	62,0	59,6
	T ₃ ^э	56,7	48,3	66,5	56,6	62,8	53,5
г. Сремски Карловци, с/п Черат	T ₁ ^э	109,0	84,5	95,1	73,7	61,9	41,0
	T ₂ ^э	132,7	127,6	72,3	73,9	59,4	52,8
	T _{эа}	128,3	136,6	146,1	189,4	247,5	228,5

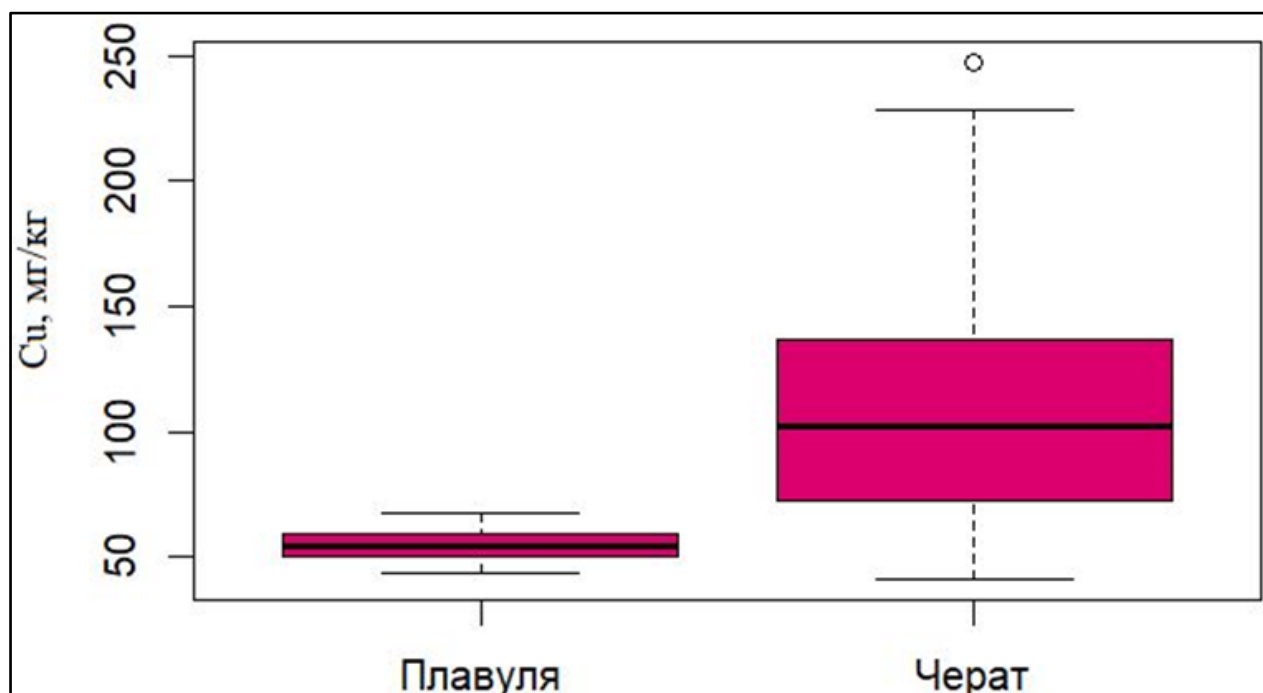


Рис. 4. Валовое содержание меди (Cu) в почве ампелоценозов у с/п Плавуля и с/п Черат согласно критерию Краскела-Уоллиса ($p = 0,001$)

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Валовое содержание меди в почве виноградника у с/п Плавуля не отличалось высокой контрастностью в зависимости от типа элементарного ландшафта, тем не менее различия по данному показателю между верхней и нижней частью склона оказались достоверны (рис. 5).

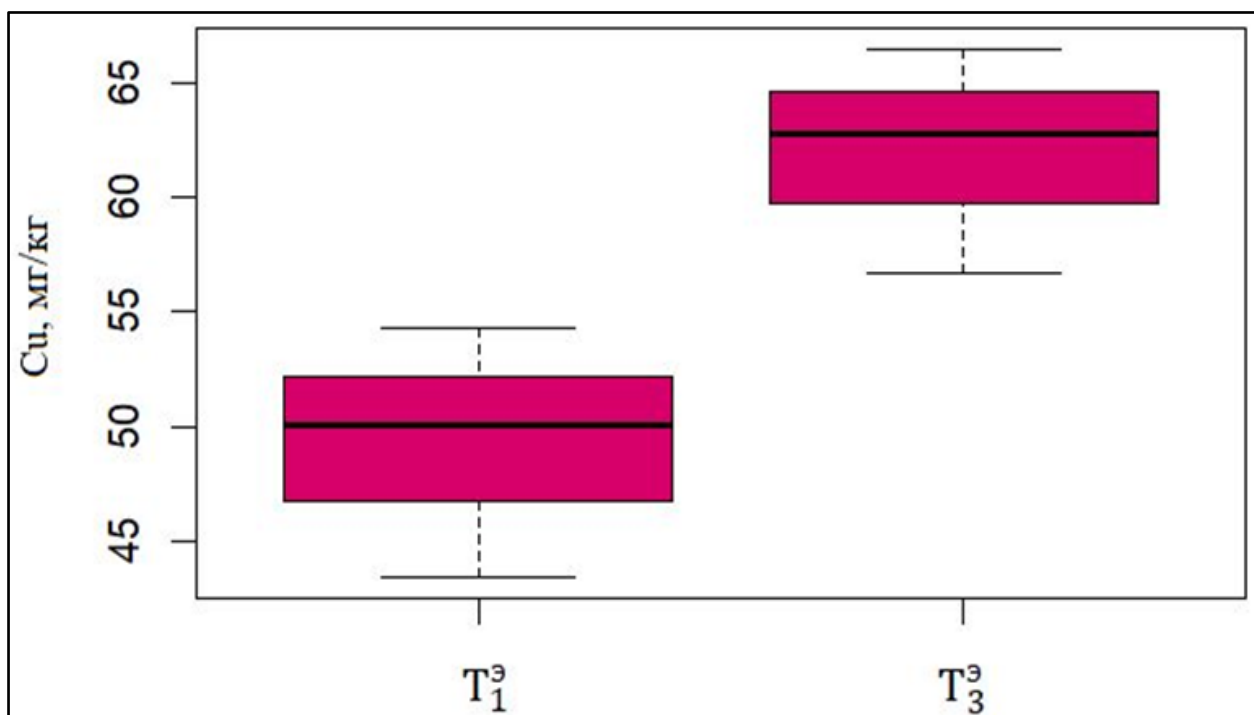


Рис. 5. Валовое содержание меди (Cu) в почве ампелоценоза у с/п Плавуля в пределах транзитного ландшафта склона согласно критерию Краскела-Уоллиса ($p=0,049$)

В рядах валовое содержание меди варьировало в диапазоне от 43,4 до 67,2 мг/кг, в междурядьях – от 45,0 до 66,5 мг/кг. Исходя из значений коэффициента латеральной дифференциации (табл. 3), миграция меди с накоплением средней силы ($L = 1,1-1,6$) наблюдалась в ряду в горизонте 5–15 см ($L = 1,12$ и $1,33$) и, в особенности, в ряду и междурядье в горизонте 15-30 см ($L = 1,43$ и $1,45$ в средней и нижней транзитной части склона, соответственно). В поверхностном слое почвы 0–5 см накопление средней силы происходило в средней части склона и только в ряду. Таким образом, заметное накопление меди в винограднике у с/п Плавуля можно отметить в нижней транзитной части склона с усилением в рядах на 17% по сравнению с междурядьями на глубине от 5 до 30 см.

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

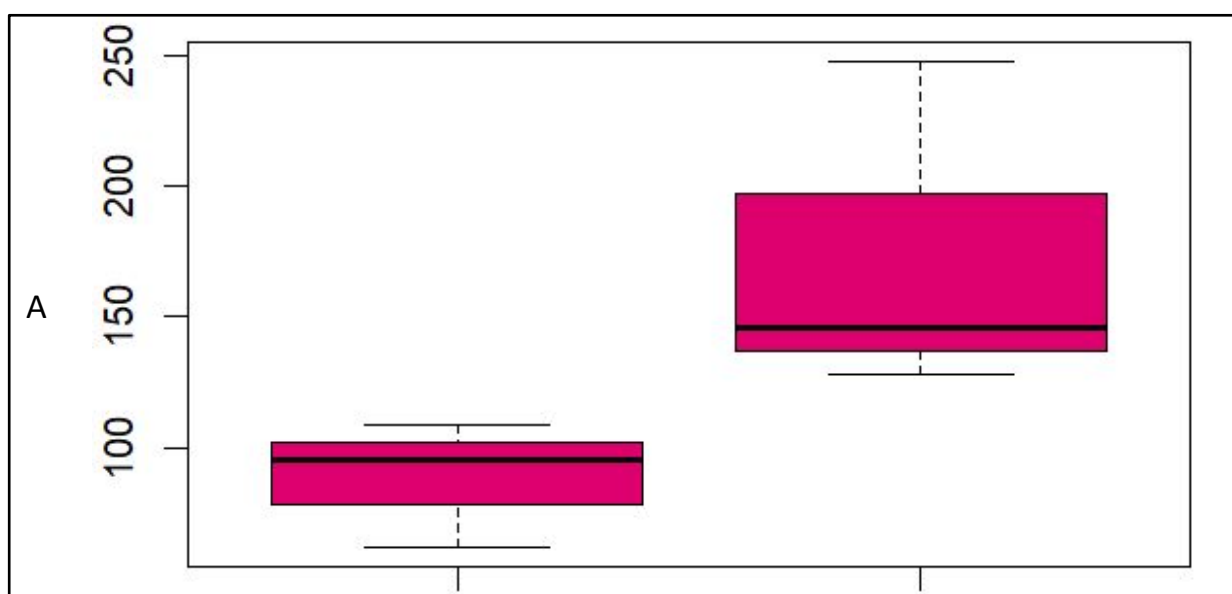
Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Таблица 3. Коэффициенты латеральной дифференциации (L) меди в почве транзитного ландшафта под виноградниками с традиционной (с/п Плавуля) и архаичной (с/п Черат) системой культивирования региона Фрушка-гора, Республика Сербия

Местоположение хозяйства	Тип элементарного ландшафта	Глубина, см					
		0-5		5-15		15-30	
		Ряд	Междурядье	Ряд	Междурядье	Ряд	Междурядье
г. Ириг, с/п Плавуля	T ₂ ^э	1,24	1,03	1,12	0,90	1,43	1,25
	T ₃ ^э	1,04	0,92	1,33	1,13	1,45	1,12
г. Сремски Карловци, с/п Черат	T ₂ ^э	1,22	1,51	0,76	1,00	0,96	1,29
	T ^{эа}	1,18	1,62	1,54	2,57	4,00	5,57

Значительно более контрастным было распределение по склону меди в почве виноградника у с/п Черат (рис. 6). Необходимо отметить, что в отличие от виноградника у с/п Плавуля, охватывающего транзитные фации элементарного ландшафта, ампелоценоз у с/п Черат включал и трансаккумулятивную фацию. И именно в ней были зафиксированы наиболее высокие уровни накопления меди от 128,3 мг/кг в поверхностном горизонте до 247,5 мг/кг на глубине 15–30 см.



Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

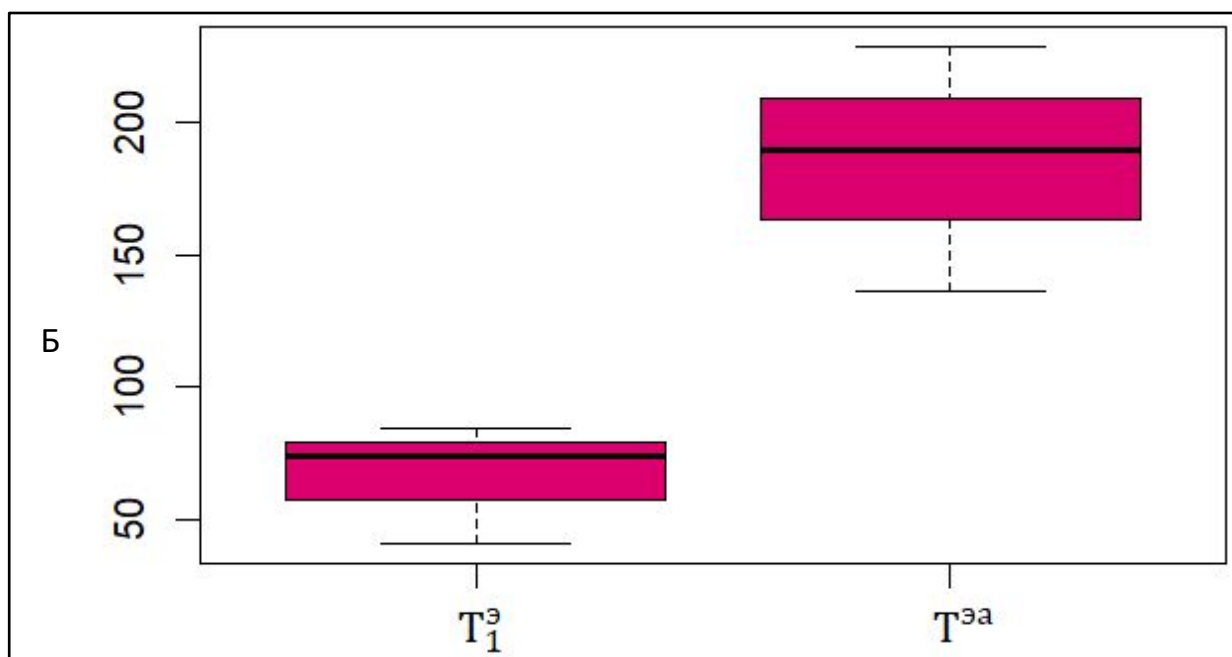


Рис. 6. Валовое содержание меди (мг/кг) по склону в почве ампелоценоза у с/п Черат согласно критерию Краскела-Уоллиса (А – у кустов ($p = 0,049$), Б – между кустами ($p = 0,049$))

Трансэлювиальная фация средней части склона была затронута миграционными процессами только в поверхностном слое почвы как рядом с кустами, так и между ними. Так, в горизонте почвы 0–5 см транзитной фации средней части склона содержание меди возросло на 22% у кустов и на 51% - между кустами по сравнению с верхней частью склона, чего не наблюдалось в горизонтах 5–15 и 15–30 см. Эти данные подтверждаются низкими значениями коэффициента латеральной дифференциации, свидетельствующие либо об отсутствии миграции, либо о незначительном выносе элемента.

В почве трансаккумулятивной фации подошвы склона у кустов коэффициент L достигал значений 1,18; 1,54 и 4,0 в горизонтах 0–5, 5–15 и 15–30 см, соответственно. Аналогичная тенденция была характерна и для почвы между кустами, причем содержание меди в ней оказалось даже выше, чем непосредственно у кустов. Коэффициенты латеральной дифференциации здесь составили 1,62; 2,57 и 5,57 мг/кг в горизонтах 0–5, 5–15 и 15–30 см, соответственно, что в 1,4–1,7 раз выше, чем непосредственно у кустов. Таким образом, в винограднике у с/п Черат происходило усиление миграционных потоков меди вниз по склону на глубине 5–15 см и, в особенности, 15–30 см по сравнению с

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

поверхностным горизонтом, который, впрочем, также был охвачен миграционными процессами, но в меньшей степени.

Следует особо отметить вовлеченность участков почвы между кустами в транзит меди по склону, который по своей интенсивности даже превышал миграцию элемента на участках у кустов, что подтверждается статистически (рис. б). Очевидно, это объясняется особенностями архаичной системы культивирования винограда, которая применяется в данном хозяйстве. Равномерное расположение штамбов по склону способствовало охвату обработками медьсодержащими пестицидами всей площади склона, на которой располагался виноградник, что привело к загрязнению медью поверхностного слоя почвы в средней и нижней части склона, а также более глубоких горизонтов почвы в нижней части склона. Кроме того, с учетом высокой крутизны склона активный транзит меди от трансэлювиальных к трансаккумулятивной фации может быть связан также с усилением частоты ливневых осадков, которое фиксируется в последние годы в Автономном крае Воеводина [12].

Необходимо отметить, что значения валового содержания меди в почве нижней части склона под 200-летним виноградником у с/п Черат превысили значения максимально допустимого количества (МДК) меди, установленного в Республике Сербия (90 мг/кг для среднесуглинистых почв) [13], в 1,4-1,5; 1,6-2,1; 2,5-2,8 раза соответственно в горизонтах 0-5, 5-15 и 15-30 см. В верхней и средней транзитной части склона также наблюдалось превышение нормативного значения в поверхностном горизонте на 21–47%. Отмеченные уровни накопления меди в почве виноградника у с/п Черат оказались также выше допустимого количества данного элемента в почвах, установленного в Европейском Союзе (100 мг/кг), и выше величины ориентировочно-допустимой концентрации (ОДК) для почв со схожими агрохимическими характеристиками, установленной в Российской Федерации (132 мг/кг, СанПиН 1.2.3685-21).

Таким образом, высокое валовое содержание меди в почве трансаккумулятивной фации геохимически сопряженного ландшафта связано с длительным историческим периодом использования данной территории под виноградники (более 200 лет), многолетним использованием медьсодержащих противогрибковых препаратов, высокой частотой их применения, особенностями практикуемой в хозяйстве архаичной системы культивирования винограда, которая характеризуется равномерным распределением

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

штамбов по склону, а также высокой крутизной склона. Даже постоянная задерненность склона и отсутствие механического воздействия на почву между кустами не смогли остановить миграцию меди как вниз по склону, так и вглубь почвенного профиля.

Заключение

Исследования, проведенные на бурой лесной остаточно-карбонатной почве под возрастными (более 200 лет) виноградниками, расположенными в условиях склонового ландшафта в регионе Фрушка Гора (Автономный край Воеводина, Республика Сербия) показали наличие последствия длительного и систематического применения медьсодержащих фунгицидов, которое выразилось в накоплении меди в верхнем слое почвы (0-30 см) и ее перераспределении по склону от трансэлювиальных фаций верхней и средней его части к нижним трансэлювиальной и трансаккумулятивной. В почве под виноградником с большей крутизной склона в его транзитной части наблюдалось в 1,5 – 4,3 раза более высокое валовое содержание меди по сравнению с виноградником, который располагался на склоне меньшей крутизны, а уровень содержания меди в почве нижней части склона достигал 128,3-136,6; 146,1-189,4 и 247,5-228,5 мг/кг в горизонтах 0-5, 5-15 и 15-30 см, соответственно, что в 1,4-2,8 раз превышало значения максимально допустимого количества меди, установленного в Республике Сербия. Архаичная система культивирования винограда, подразумевающая равномерное распределение отдельно стоящих кустов по склону, способствовала более однородному распределению меди по всей площади в отличие от традиционной шпалерно-рядовой системы, при которой в рядах накапливалось больше элемента, чем в междурядьях.

Список использованных источников:

1. Ayres P. Alexis Millardet: France's forgotten mycologist // Mycologist. – 2004. - Vol. 18(1). – P. 23-26. - DOI: [10.1017/S0269915X04001090](https://doi.org/10.1017/S0269915X04001090).
2. La Torre A., Iovino V., Caradonia F. Copper in plant protection: Current situation and prospects // Phytopathologia Mediterranea. – 2018. – Vol. 57. – P. 201-236. - DOI: [10.14601/Phytopathol_Mediterr-23407](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-23407).

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

-
3. Lamichhane J.R., Osdaghi E., Behlau F., Köhl J., Jones J.B., Aubertot J.-N. Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture. A review // *Agron. Sustain. Dev.* – 2018. – Vol. 38. - 28. - DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0503-9>.
4. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) No 2018/1981 of 13 December 2018 Renewing the Approval of the Active Substances Copper Compounds, as Candidates for Substitution, in Accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council Concerning the Placing of Plant Protection Products on the Market, and Amending the Annex to Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011. 2018. - Режим доступа: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1981/oj
5. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 of 25 May 2011 Implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as Regards the List of Approved Active Substances (Text with EEA relevance). - Режим доступа: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2011/540/oj
6. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) No 2021/1165 of 15 July 2021 Authorising Certain Products and Substances for use in Organic Production and Establishing Their Lists. 2021. Режим доступа: http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/1165/oj
7. Ballabio C., Panagos P., Lugato E., Huang J.-H., Orgiazzi A., Jones A., Fernández-Ugalde O., Borrelli P., Montanarella L. Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey // *Science of The Total Environment.* – 2018. - 636. - DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.04.268](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.268).
8. Tóth G., Hermann T., Da Silva M.R., Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety // *Environ. Int.* – 2016. – Vol. 88. – P. 299–309. - DOI: [10.1016/j.envint.2015.12.017](https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017).
9. Panagos P., Ballabio C., Lugato E., Jones A., Borrelli P., Scarpa S., Orgiazzi A., Montanarella L. Potential Sources of Anthropogenic Copper Inputs to European Agricultural Soils // *Sustainability.* – 2018. Vol. 10. - 2380. - DOI: [10.3390/su10072380](https://doi.org/10.3390/su10072380).
10. Brunetto G., Comin J.J., Miotto A., de Moraes M.P., Sete P.B., Schmitt D.E. et al. Copper and zinc accumulation, fractionation and migration in vineyard soils from Santa Catarina State, Brazil // *SciELO journals. Dataset.* – 2017. - DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5720539.v1>.
11. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. - Смоленск: Ойкумена, 2002. - 288 с.
12. Malinović-Milićević S., Mihailovic D., Radovanovic M., Drešković N. Extreme Precipitation Indices in Vojvodina Region (Serbia) // *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA.* – 2018. – Vol. 68. - P. 1-15. - DOI: [10.2298/IJGI1801001M](https://doi.org/10.2298/IJGI1801001M).
13. Правилник о допунама правилника о унутрашњој организацији и систематизацији радних мјеста у министарству саобраћаја и веза / Службени гласник Републике Српске - Број 56. - 11.7.2016. - С. 16.
-

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В.

Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

Цитирование:

Андреева И.В., Габечая В.В., Морев Д.В. Экологическая оценка накопления и миграции меди в почве возрастных ампелоценозов в результате длительного применения медьсодержащих фунгицидов в регионе Фрушка Гора Республики Сербия [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_547.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/202135547>.