

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ЭКОСИСТЕМЕ ВИНОГРАДНИКА, ВИНОГРАДЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВИННОЙ ПРОДУКЦИИ

Л. В. Максимишина, магистр

Л. В. Заиченко, магистр

Ю. Ю. Выставная, кандидат технических наук

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени
А. Н. Бекетова*

Е. Н. Дрозд, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского

Исследованы факторы, влияющие на экологическую безопасность выращивания винограда и производства винной продукции, представлены результаты анализа миграции и накопления металлов в почве виноградника, корнях, листьях, лозе и ягодах винограда. Установлены основные источники поступления металлов в агроэкосистему виноградника и виноград, а также в винную продукцию на протяжении ее жизненного цикла.

Ключевые слова: экологическая безопасность, тяжелые металлы, миграция, винная продукция, Шардоне, жизненный цикл.

Актуальность. В условиях подписания Соглашения об ассоциации с Европейским Союзом, согласно которому планируется создание зоны свободной торговли, конкуренция обостряется, что требует перестройки отрасли и создание системы защиты аутентичности и происхождения вин [1, 2]. Это даст возможность украинскому вину попасть на Европейский рынок. В качестве веществ, согласно которым классифицируют вино по терруарам, можно использовать тяжелые металлы, так как они являются устойчивыми и сохраняются на протяжении всего жизненного цикла винной продукции.

Содержание тяжелых металлов в винограде зависит от уровня накопления элементов в окружающей среде, где выращивается растение, а также от системы ведения виноградного хозяйства [3].

Тяжелые металлы поступают в растение через питательную среду и их накопление в почве безопасно до тех пор, пока виноград способен противостоять их транслокации через

корневую систему в другие органы. Дальнейшее накопление металлов в почве приводит к их постепенной аккумуляции и может вызвать токсическое действие [3-6].

В настоящее время малоисследованным остается комплекс факторов, которые влияют на транслокацию металлов в виноградном растении и, соответственно, экологическую безопасность винной продукции, что обуславливает актуальность и цель данного исследования.

Анализ последних исследований и публикаций.

Изучение жизненного цикла винной продукции и как результат, создание классификации ее по "терруарам" позволит повысить ее экологическую безопасность. Публикации ученых из Италии [7], Словении [8], Португалии [9, 10], Австралии [11] показали динамику содержания тяжелых металлов в процессе производства вин и зависимости его от вида вина и места его происхождения. Результаты продемонстрировали возможность использования многоэлементного анализа для классификации происхождения вин, и потенциал этого способа для определения подлинности вина и сертификации его происхождения (СВО) [7-11].

В нашей стране таких исследований не хватает, но они были бы полезны, поскольку отрасли виноградарства и виноделия являются важными составляющими агропромышленного комплекса Украины.

Цель и задачи работы. Определить особенности транслокации тяжелых металлов в техническом сорте Шардоне, который выращивается в Севастопольском районе Инкермана (пос. Хмельницкое) и провести экологическую оценку природных и антропогенных факторов влияния, а также определить пути поступления тяжелых металлов в винную продукцию на протяжении ее жизненного цикла.

Для достижения поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач: (1) определить природные и антропогенные факторы, влияющие на миграцию тяжелых металлов в растениях; (2) провести мониторинг и изучить уровень химического загрязнения различных компонентов

агроэкосистемы виноградников (почва виноградников, корни, листья, лоза и ягоды винограда); (3) изучить особенности транслокации тяжелых металлов (Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn, Pb, Cu и Cr) в системе "корень – побег – листья – плод"; (4) проанализировать источники поступления тяжелых металлов в виноград на стадиях его выращивания и транспортировки, а также в вине на стадиях его производства и хранения.

Краткая характеристика объекта исследования.

Объектом исследования стала территория виноградников площадью 72 га (рис. 1) вблизи пос. Хмельницькое (Севастополь, Крым), где выращивают Шардоне для изготовления вина.

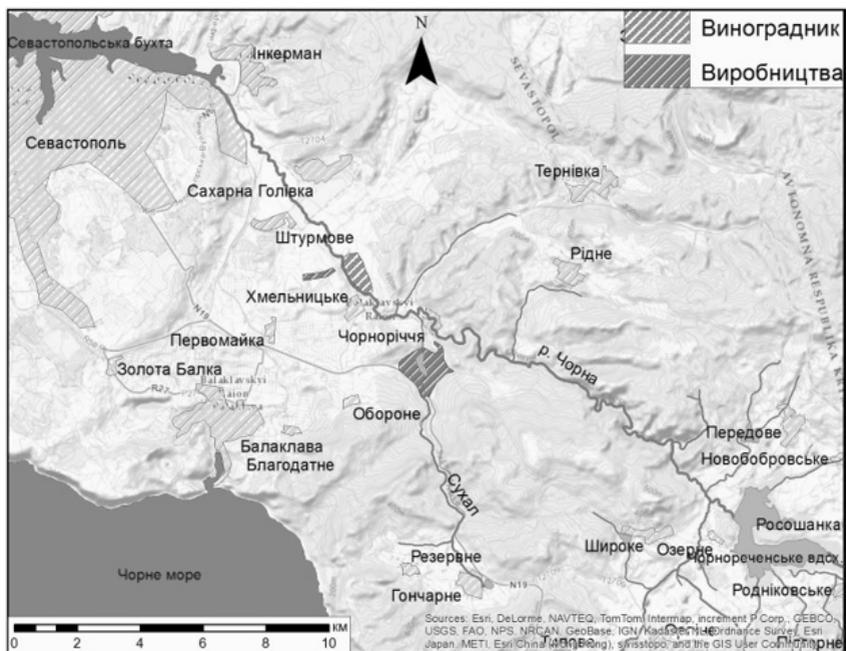


Рис. 1. Карта расположения исследуемого виноградника

В ландшафтном отношении площадь приурочена к долине р. Черная, которую используют для орошения виноградника [12]. Климат региона – умеренно-континентальный с элементами субтропического средиземноморского типа [13].

Среди объектов, представляющих возможные источники антропогенного загрязнения поверхностных вод и почв – населенные пункты Хмельницкое, Родное, Черноречье, военный полигон (напротив виноградника), автодороги, территория заброшенной сортировочно-дробильной фабрики, железная дорога и сельскохозяйственные угодья [13].

Также объектом исследования являлась винная продукция из рассматриваемого сорта винограда.

Методы исследования. Для наблюдения за миграцией тяжелых металлов в агроэкосистеме виноградника в 2013 году, в течение вегетационного периода были отобраны пробы почвы, оросительной воды, корней, лозы, листьев и ягод винограда сорта Шардоне. Отбор образцов проводился на территории виноградника с экспериментального участка площадью 2,16 га. Концентрации тяжелых металлов (Zn, Cd, Ni, Co, Fe, Mn, Pb, Cu и Cr) определялись атомно-адсорбционным методом по ДСТУ 4770.1:2007 - ДСТУ 4770.9:2007 в сертифицированной лаборатории Харькова.

Исследование путей поступления тяжелых металлов в винную продукцию проводилось с помощью изучения существующих исследований.

Результаты.

1. Влияние природных факторов на развитие виноградного растения

Виноград – растение теплого, умеренного и субтропического климата. Составными частями климата является свет, температура и влажность. Для нормального роста, развития и плодоношения винограда требуются соответствующие сочетания этих факторов (табл.1) [4] и ряд минеральных элементов.

Таблица 1

Оценка пригодности почвы для выращивания винограда [4]

Критерий	Благоприятные условия	Непригодные условия
Тип почвы	Перегноино-карбонатные, темно-каштановые, красноземовидные, бурые, легкие суглинистые, супесчаные и щебенистые черноземы	Тяжелые глинистые, заболоченны, сильно засоленные
Почвенная текстура	Фракции 2-5 мм (камни, щебни)	Фракции менее 1 мм
pH почвы	Слабокислые, нейтральные и слабощелочные почвы pH 6,5-7,5	Кислые, щелочные
Влажность почвы	60-70 %	< 40 %
Плотность почвы (объемная масса)	ниже 1,40 г/см ³	1,50 г/см ³ и выше
Твердость почвы	более 20 кг/см ²	менее 20 кг/см ²

Помимо климатических и эдафических условий на виноград влияют биологические факторы [4]. Наиболее распространенные болезни: милдью, оидиуму, серая плесень, антракноз, белая гниль, церкоспороз и черная гниль [4-6].

2. Влияние антропогенных факторов на аккумуляцию металлов в системе: вода – почва – корни – лоза – листья – ягоды

Возможным путем миграции тяжелых металлов в почву виноградника является выпадение с атмосферными осадками и пылью и попадание с оросительной водой, источником которой является р. Черная. Оценка качества оросительной воды (согласно ДСТУ 7286-2012) показала, что вода пригодна для орошения и не является источником дополнительного поступления тяжелых металлов. Потенциальными источниками тяжелых металлов являются выбросы титанового завода г. Армянск, автотранспорта, от ведения военной активности.

По результатам анализа почвы виноградника составлена диаграмма (рис. 2), из которой видно, что максимальные

вариации концентрации металлов наблюдается у железа, кобальта и хрома.

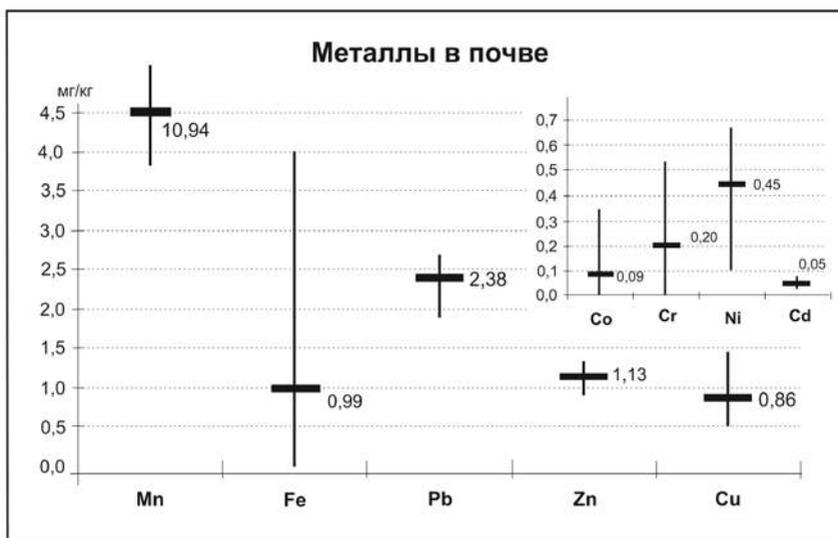


Рис. 2. Распределение концентраций тяжелых металлов в почве виноградника

Средние концентрации тяжелых металлов в почве исследуемого виноградника представлены в следующем порядке: Mn > Pb > Zn > Fe > Cu > Ni > Cr > Co > Cd (таб. 2).

Таблица 2

Содержание металлов в почве исследуемого виноградника (мг/кг)

Элемент	Mn	Pb	Zn	Fe	Cu	Co	Cd	Ni	Cr
Среднее значение	10.9	2.38	1.13	0.99	0.86	0.09	0.05	0.45	0.20
Стандартное отклонение	22.4	0.30	0.14	1.27	0.30	0.13	0.02	0.17	0.19
Региональный фон	22.25	н/д	1.93	1.31	0.36	0.16	н/д	н/д	н/д

* В соответствии с [14]; н/д – данные отсутствуют.

Результаты исследований показали, что в верхнем слое почвы активно аккумулировалась медь, что связано с применением медного купороса и других, металлосодержащих агро-

химикатов, в основном фунгицидов. Средние значения Mn, Zn, Fe и Co находятся на уровне регионального фона.

Виноградное растение способно поглощать из почвы в больших или меньших количествах практически все химические элементы [5], поэтому Pb и Cd, содержащиеся в почве виноградики (таб. 2), представляют большую экологическую опасность для винограда [6]. Попадание свинца в почву может быть обусловлено поглощением выбросов автотранспорта.

Интенсивность накопления металлов в корнях ($K = \text{Скорни} / \text{Спочва}$, где Скорни – концентрация элемента в корнях, мг/кг, а Спочва – концентрация элемента в почве, мг/кг), показала, что исследуемые сорта хорошо аккумулируют из почвы Fe ($K = 50 - 68$), Zn ($K = 8$) и Cu ($K = 7$).

Уровни концентраций тяжелых металлов в различных частях исследуемого сорта Шардоне варьировались в зависимости от подземной или наземной части винограда (корни, лоза, листья и ягоды) и от химического элемента (таб. 3).

Таблица 3

Содержание металлов в корнях, листьях, лозе и ягодах сорта Шардоне (мг/кг)

Вещество	Mn	Pb	Zn	Fe	Cu	Co	Cd	Ni	Cr
Корни	5,28	0,23	8,94	34,6	4,96	0,05	0,01	0,22	0,15
Лоза	7,71	0,30	4,15	2,91	1,9	0,05	0,03	0,08	0,09
Листья	10,3	0,1	9,6	9,85	10,1	0,17	0,04	0,39	0,07
Ягоды	0,99	0,07	0,75	2,74	0,25	0,07	0,69	0,02	0,02
ПДК [15]	20	0,50	10	50	5	1,0	0,03	0,50	0,20

В корнях, листьях и лозе были обнаружены наибольшие значения концентраций таких элементов, как Zn, Mn, Cu и Fe. В корнях и ягодах активнее всего накапливается Fe.

Результаты предыдущих исследований свидетельствуют, что накопление металлов в ягодах зависит от сорта винограда [16]. Увеличение порядка концентраций были установлены для таких элементов, как Cu, Zn и Ni, где уровень концентрации в корнях (K), листьях (Л), лозе (Лз) и ягодах (Я) представлен в следующем виде: $\Lambda > K > \Lambda_z > Я$.

Концентрация Cd в ягодах винограда превышает лимит ПДК для плодово-ягодных продуктов, что представляет большую опасность для здоровья человека, также наблюдается превышение ПДК Cu и Zn в листьях.

Интенсивность накопления металлов в наземных частях растений была посчитана с помощью коэффициента аккумуляции: $A1 = \text{Слоза/Скорни}$, $A2 = \text{Слистья/Слоза}$ и $A3 = \text{Сягоды/Слоза}$, где С – концентрация элемента в корнях, лозе, листьях и ягодах, мг/кг (рис. 3).

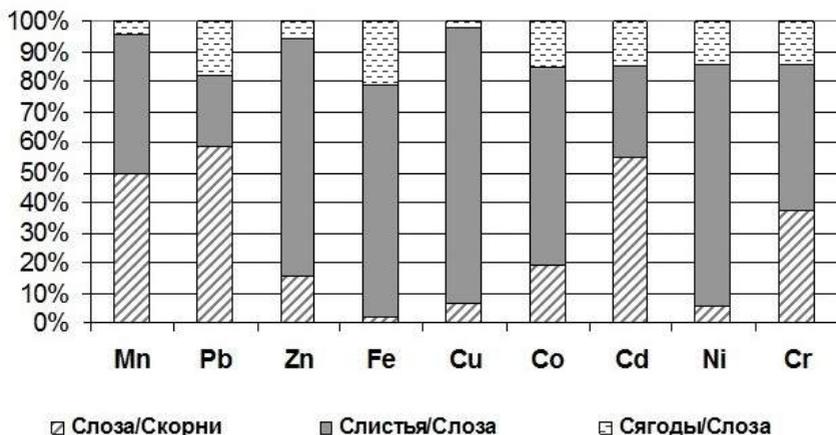


Рис. 3. Интенсивность накопления металлов в сорте Шардоне

Такие металлы, как Fe, Cr, Cu, Ni и Zn, накапливаются более интенсивно в листьях, чем в ягодах и лозе. Как показано на диаграмме на рис. 3 в лозе накапливается в основном Cd и Mn, наблюдается интенсивное аккумуляирование Pb как в лозе, так и в ягодах.

3. Источники поступления тяжелых металлов в винную продукцию на стадиях ее жизненного цикла.

После выращивания и сбора винограда осуществляется его транспортировка к месту производства в корзинах, ящиках или специальных контейнерах. Это может сопровождаться загрязнением винограда свинцом, что связано с оседанием на ягодах выбросов от автотранспорта.

Изготовление винной продукции характеризуется рядом производственных процессов, которые сопровождаются из-

менением концентраций тяжелых металлов в субстрате. После приемки винограда его в тот же день перерабатывают. Производство вина начинается с дробления винограда, после чего незамедлительно происходит удаление побочных продуктов: гребней, кожуры и косточек с целью избегания контакта с ними и обеспечения высокого качества белых вин, и отделения из него сусла-самотека. В результате наблюдается сокращение концентраций Cu, что может быть связано с наибольшим содержанием ее в кожуре и семени по сравнению с мякотью ягод [4].

После мезгу подвергают прессованию, в результате чего может происходить увеличение содержания Cu и Zn. Причиной этого может быть то, что в производстве используются материалы, изготовленные из меди, бронзы (Cu + Sn) или латуни (Cu + Zn). При окислении материалов возможно попадание их в винную продукцию. Важно также отметить, что в процессе производства вина его на различных стадиях сульфуруют. В результате этого, а также в результате деятельности дрожжей, которые производят сероводород, возможно образование соединений серы с медью. Сусло первого давления объединяют с самотеком и направляют на осветление, чаще всего методом отстаивания. После сусло направляют на брожение при поддержании температуры в пределах 14-18 °С. Молодой сброженный виноматериал оставляют в покое для осветления [17]. При осветлении на разных стадиях происходит выпадение осадков, которые затем удаляют, что может привести к понижению концентрации меди.

Выводы. В ходе исследования было установлено, что на транслокацию металлов в виноградном растении влияют как природные, так и антропогенные факторы.

На качество винной продукции влияют как условия, в которых произрастает виноград, так и особенности ее производства. Исследование миграций тяжелых металлов показало, что они сохраняются на всех этапах жизненного цикла. При выполнении производственных процессов происходит изменение содержаний тяжелых металлов в винах. Для подробного изучения необходим детальный анализ каждой производствен-

ной операции. Это поможет создать систему классификации вин по «терруарам», которая характерна для Европейских вин, что приведет к повышению экологической безопасности винной продукции, созданию маркировки, отражающей происхождение вина.

Список использованных источников:

1. Галузева програма розвитку виноградарства та виноробства України на період до 2025 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.uazakon.com>
2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони – ратифікація від 16.09.2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_a11
3. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в агроландшафте [Текст] / Ю. В. Алексеев – СПб. : ПИЯФ РАН, 2008. – 12-107 с.
4. Технология возделывания и использования винограда / [Верновский Э. А., Дженев С. Ю., Пономарев В. Ф., Шольц Е. П.]; под ред. Верновского Э. А. – М. : Агропромиздат, 1990. – 303 с.
5. Устойчивость растений к тяжелым металлам : [монография] / Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М., Лайдинен Г. Ф. ; Институт биологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007 – 172 с.
6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях : Пер. с англ. [Текст] / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. – М.: Мир, 1989. - 439 с.
7. M. G. Volpe, F. La Cara, F. Volpe, A. De Mattia, V. Serino, F. Petitto, C. Zavalloni, F. Limone, R. Pellicchia, P. P. De Prisco, M. Di Stasio. Heavy metal uptake in the enological food chain. Food Chemistry 117, 2009, pp. 553-560.
8. Janja Kristl, Marjan Veber, Metka Slekovec. The Contents of Cu, Mn, Zn, Cd, Cr and Pb at different stages of the winemaking process. Acta Chimica Slovenica, 2003, pp. 123-136.
9. Almeida, C.M.R., Vasconcelos, M.T.S.D. Multielement composition of wines and their precursors including provenance soil and their potentialities as fingerprints of wine origin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, pp. 4788-4798.
10. Sonia M. Rodrigues, Marta Otero, Andre A. Alves, Joana Coimbra, Manuel A. Coimbra, Eduarda Pereira, Armando C. Duarte. Elemental analysis for categorization of wines and authentication of their certified brand of origin. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, pp. 548-562.
11. Alexander E. Martin, R. John Watling , Garry S. Lee. The multi-element determination and regional discrimination of Australian wines. Food Chemistry 133, 2012, pp. 1081-1089.
12. Серветник М. А. Дослідження металів у річках рекреаційних зон (на прикладі р. Чорна, АР Крим) [Текст] / М. А. Серветник, Ю. Ю. Виставна. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 8 с.
13. Vystavna Y., Rushenko L., Diadin D., Klymenko O., Klymenko M. Trace metals in wine and vineyard environment in southern Ukraine. Food Chemistry 146, 2014, pp. 339-344.
14. Материалы Международной научно-практической конференции, 6-8 июня 2012 г. информ. бюл. – Минск : БГУ, 2012. – 123 с.
15. Охорона водних, ґрунтових та рослинних ресурсів від забруднення важкими металами в умовах зрошення: ВНД 33-5.5-06-99. [Чинний від 1999-05-19]. – К., 1999. – 25 с.
16. Angelova V. R., Ivanov A. S., Braikov D. M. Heavy metals (Pb, Cu, Zn and Cd) in the system soil – grape vine – grape. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, pp. 713-721.
17. Валуйко Г. Г. Технология виноградных вин [Текст] / Валуйко Г. Г. – Симферополь : Таврида, 2001. – 624 с.

Л. В. Максимишина, Л. В. Заіченко, Ю. Ю. Виставна, О. М. Дрозд. **Важкі метали у екосистемі виноградників, винограді та екологічна безпека винної продукції**

Досліджено фактори, які впливають на екологічну безпеку вирощування та розвитку виноградної рослини та виробництва винної продукції. Представлено результати аналізу транслокації та накопичення металів у ґрунті винограднику, коренях, листі, лозі та ягодах винограду. Встановлено основні джерела надходження металів у агроекосистему винограднику та винограду, а також у винну продукцію протягом її життєвого циклу.

Ключові слова: екологічна безпека, важкі метали, міграція, винна продукція, Шардоне, життєвий цикл.

O. Maksimishina, L. Zaichenko, Y. Vystavna, O. Drozd. **Trace metals in vineyards environment, vine varieties and ecological safety of wine**

The paper is focused on factors affecting the ecological safety of grape growing and wine production. The research presents the results of analysis of the migration and accumulation of trace metals in the soil of the vineyard, roots, leaves, vines and grapes. The main sources of metals supply in vine (*Vitis vinifera* L.) and wine products throughout their life cycle have been determined in the article.

Keywords: ecological safety, trace metals, migration, wine products, Chardonnay, life cycle.