

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА В РАСТИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ ЛЬНА

Н.П. Синяева, И.А. Полякова, Л.Г. Курченко¹

Запорожский национальный университет

¹ *ПАО Институт титана*

В статье приведены результаты изучения микроэлементного состава растительной листовой массы 4 видов льна методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Для обеспечения правильности результатов количественного определения Ni, Zn, Cu, Co была разработана оптимальная процедура анализа, подобрана смесь кислот для растворения зольных остатков и обеспечивающая достаточную чувствительность определения. Установлена высокая степень соответствия количественных показателей содержания микроэлементов в листьях льна при навесках 5 и 10 грамм. Выявлено, что в листьях разных видов льна содержание никеля находилось в пределах от 0,00010 до 0,00033%, цинка – 0,00020-0,00043%, меди – 0,00019-0,00034%, кобальта – 0,0001-0,00014%. Установлено, что среди исследуемых видов наибольшей способностью к аккумуляции микроэлементов выделился вид *L. thracicum*, а меньше всего накопление отмечено у *L. austriacum*.

Ключевые слова: *Линут, вид, лист, микроэлемент, атомно-адсорбционная спектрометрия.*

Введение

Микроэлементы – это необходимые элементы питания, находящиеся в растениях в долях процентов, но при этом выполняющие важные функции в процессах жизнедеятельности. Уже установлено, что положительное действие большинства микроэлементов обусловлено их участием в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах, повышении устойчивости растений к болезням и неблагоприятным условиям внешней среды (Yagodin et al 1989).

Научные исследования по изучению микроэлементов проводятся с целью выяснения их количественного содержания, физиологической роли и возможностей восполнения недостающих растению элементов с удобрениями (Yagodin et al 1989; Bityutsky 1999). Установлено, что среднее содержание в растениях составляет: цинка – 0,002%, меди – 0,0002%, кобальта – 0,00002%. Роль никеля как микроэлемента для высших растений была доказана недавно и пока еще крайне мало изучена (Yakushkina, Bakhtenko 2005).

Лен – высокопродуктивная техническая и масличная культура, которая широко используется в сельскохозяйственном производстве. Однако вопросы минерального питания культуры, особенно микроэлементного, до сих пор являются мало изученными и дискуссионными по многим моментам (Poliakov et al 2017; Tikhomirova 2009; Trunilova 2003).

Выявлено, что многие элементы минерального питания растениями льна-долгунца потребляются в небольших количествах, но роль и значение их в формировании урожайности важная и значительная. Медь, цинк, молибден, кобальт участвуют в работе ферментов, определяющих интенсивность

фотосинтеза и дыхания, стимулируют образование ростовых веществ, витаминов, нуклеиновых кислот и других соединений, определяющих рост и развитие растений льна. А цинк стимулирует рост элементарных волокон льна в длину, что повышает качество волокна. Выявлено, что лен-долгунец отличается от зерновых культур и многолетних трав повышенным выносом кадмия. Вынос этой культурой свинца, никеля и хрома невелик (Tikhomirova 2009; Trunilova 2003). Установлено, что лен-долгунец относится к группе культур, чувствительных по отношению к недостатку бора, меди, цинка (Trunilova 2003).

Известно о попытке использования льна-долгунца как непродовольственной культуры для рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами (Tikhomirova 2009). К сожалению, этот аспект мало изучен и слабо освещен в литературе.

Важным моментом в изучении микроэлементного состава растительного материала является используемый метод исследования. Атомно-абсорбционная спектрометрия – распространённый в аналитической химии инструментальный метод количественного элементного анализа. Современные методики атомно-абсорбционного определения позволяют выявить по атомным спектрам поглощения содержание почти 70 элементов периодической системы практически в любом природном объекте (Alemasova et al 2003; Khavezov, Tsalev 1983).

Как видно из всего вышеизложенного, большая часть работ в данном направлении проведена на льне-долгунце, а не на льне масличном. Поэтому целью наших исследований было установление оптимальной процедуры анализа и определение количественного содержания четырех микроэлементов Ni, Zn, Cu, Co в листьях льна масличного и ряда видов льна.

Материал и методы исследований

Объектами работы были три многолетних диких вида льна *Linum austriacum* L., *Linum hirsutum* L., *Linum thracicum* Degen. и культурный масличный лен *Linum humile*. Указанные образцы являются частью коллекции диких видов льна, которая поддерживается на опытном участке кафедры садово-паркового хозяйства и генетики Запорожского национального университета.

Исследования проводили на атомно-адсорбционном спектрофотометре «Hitachi 180-80» с пламенным атомизатором и детектором неселективных помех с использованием эффекта Зеемана. Анализ проводили в пяти повторностях. Данные статистически обрабатывали (Lakin 1990).

Результаты исследований и их обсуждение

Для выяснения физиологических особенностей поступления, накопления, использования и агрономической роли микроэлементов необходимы надежные методы определения их содержания. Поэтому мы сочли целесообразным применить атомно-абсорбционный метод, обладающий высокой селективностью и возможностью проводить мультиэлементный анализ из одной навески пробы (Alemasova et al 2003; Khavezov, Tsalev 1983; Razumov 1982).

Наибольшее влияние на результат анализа оказывает неопределенность пробоотбора, связанная с представительностью последнего и потерями в процессе подготовки пробы к анализу, а именно: чистота химической посуды и потери в процессе подготовки пробы к измерению (National standard of Ukraine. 2005; Garmash, Sorokina 2017). Для обеспечения надежных результатов алгоритм пробоподготовки был следующим (Razumov 1982). Отобранный материал высушили при $t = 105$ °С, подробили и подвергли сухой минерализации. Для

этого навеску пробы в кварцевом тигле помещали в муфельную печь, нагретую до 200°C и повышали температуру через каждые 30 мин на 50 °С, доведя ее до 450°C. Минерализацию пробы проводили до полного озоления пробы. Затем пробы охлаждали, смачивали 0,5-1,0 см³ концентрированной азотной кислотой и выпаривали кислоту досуха. Когда цвет пепла приобрел белый цвет, минерализация считалась оконченной. Пепел из кварцевого тигля переносили в платиновые чашки, смачивали 5 см³ концентрированной серной кислоты с добавлением 10-15 см³ концентрированной фтористоводородной кислоты. Кислоты выпаривали до сухих солей, а именно до полного удаления паров серной кислоты. Соли растворяли в 10-15 см³ HCl (1:1) при медленном нагревании на песчаной бане до образования прозрачного раствора и переводили в мерные колбы при навеске 5г на 25 см³, а при навеске 10 г – на 50 см³. Навеску пробы подбирали опытным путем с учетом аналитических возможностей спектрофотометра.

Учитывая, что содержание микроэлементов Ni, Zn, Cu, Co может находиться на уровне следов, во избежание загрязнения образцов на стадии кислотного растворения солей (пепла) химически чистые кислоты подвергались доочистке на системе очистки кислот DST 1000 Savillex corporation, вода – бидистиллят.

Анализ проводили на спектрофотометре «Hitachi 180-80» с корректором неселективных помех с применением эффекта Зеемана. Применение эффекта Зеемана позволило проводить градуировку прибора с помощью стандартных образцов на ионы Ni, Zn, Cu, Co и устранить депрессирующее влияние фона пробы. Режимы атомно-адсорбционного анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия атомизации Ni, Zn, Cu, Co на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Hitachi 180-80» (2018-2019 гг.)

Элемент	λ_{\max} , нм	Ширина щели монохроматора, мм	Тип смеси	Соотношение топлива к окислителю, л/час	Характеристическая чувствительность, мкг/мл
Ni	232.00	0.2	C_2H_2 - воздух	$\frac{9.4}{2.3}$	0.15
Zn	213.75	0.1	C_2H_2 - воздух	$\frac{9.4}{2.0}$	0.02
Cu	324.80	0.1	C_2H_2 - воздух	$\frac{9.4}{2.3}$	0.09
Co	240.65	0.2	C_2H_2 - воздух	$\frac{9.4}{2.5}$	0.15

Особое внимание было уделено оптимизации режима горения пламени, его стехиометрии (соотношения горючий газ/воздух), температуре и рабочей зоне просвечивания, соблюдению прозрачности пламени. При определении никеля использовали окисляющий тип пламени, а при определении цинка, меди, кобальта – сильно окисляющий.

Температура пламени (2000-2200 °С) регулювалась автоматично при приведених в таблиці 1 соотношениях горючого (ацетилен) и воздуха (окислитель). Изменение поглощения элементами в пламени проводили при резонансных длинах волн, выбирая щели монохроматора для каждого элемента таким образом, чтобы близлежащие линии поглощения не ухудшали величину измеряемого сигнала.

Применение летучей кислоты HCl обеспечивало мелкодисперсность аэрозоля и, таким образом, хорошие показатели по чувствительности (Khavezov, Tsalev 1983).

Калибровочные графики (рис. 1) построены при помощи стандартных образцов: Ni МСО 0536:2003 ДСЗУ 02248-96.; Zn МСО 0519:2003 ДСЗУ 02239-96; Cu МСО 0523:2003 ДСЗУ 02248-96; Co МСО 0524:2003 ДСЗУ 02248-96.

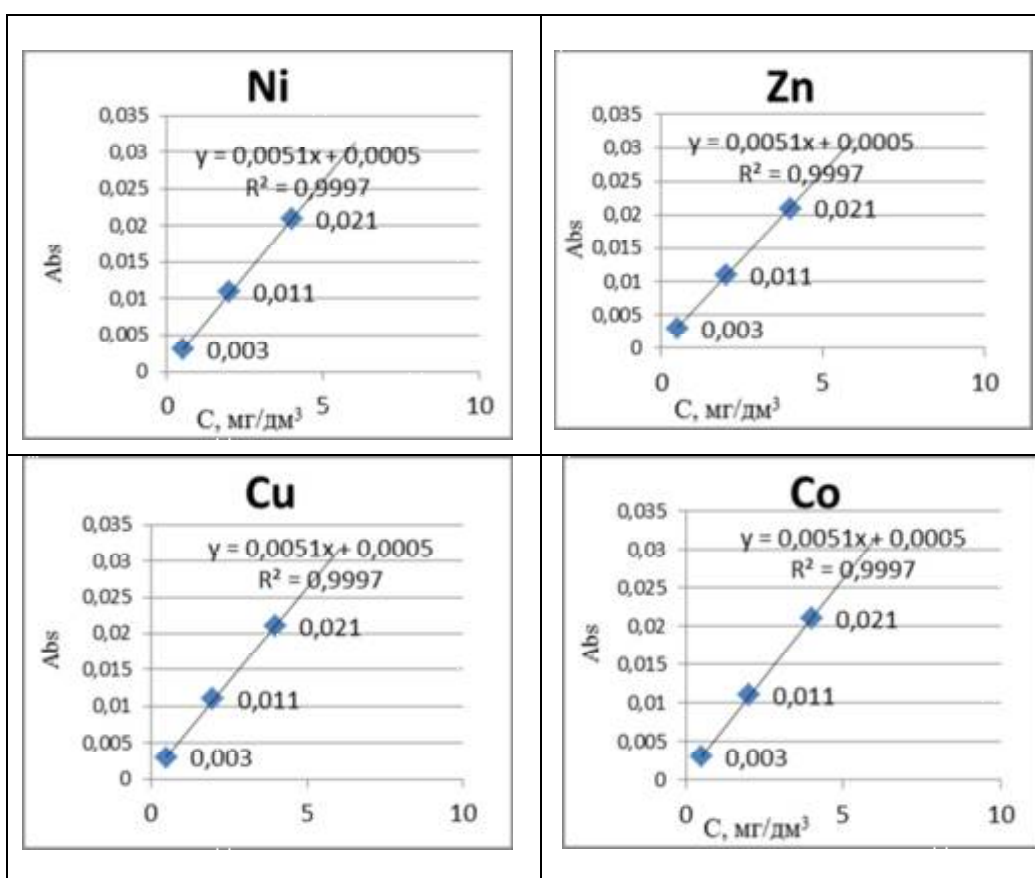


Рис. 1. Калибровочные графики для определения никеля, цинка, меди и кобальта с использованием эффекта Зеемана

При определении Ni, Zn, Cu, Co в растительном материале льна атомно-абсорбционным методом с пламенной атомизацией массовую концентрацию металлов X (мг/дм³) рассчитывали по формуле:

$$X = C - C_{\text{хол}}$$

где: C – массовая концентрация исследуемой пробы, определенная по калибровочному графику, мг/дм³;

C_{хол} – результат анализа «холостой пробы», мг/дм³ (Alemasova et al 2003; Razumov 1982).

В результате исследований правильность результатов установлена методом дробных навесок (Garmash, Sorokina 2017; Velichko 2011) (табл. 2).

Таблица 2

Содержание микроэлементов в листьях разных видов льна
(2017-2018 гг.), % (n = 5, P= 0.95)

Вид льна	Элемент	Показатели при навеске 5 г	Показатели при навеске 10 г
		$\bar{x} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$ *	$\bar{x} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$ *
<i>L. austriacum</i>	Ni	0,00010±0,00005	0,00013±0,00003
	Zn	0,00020±0,00002	0,00024±0,00003
	Cu	0,00020±0,00001	0,00019±0,00003
	Co	0,00010±0,00005	0,00012±0,00001
<i>L. hirsutum</i>	Ni	0,00020±0,00005	0,00024±0,00003
	Zn	0,00040±0,00003	0,00042±0,00003
	Cu	0,00020±0,00006	0,00025±0,00005
	Co	0,00010±0,00005	0,00014±0,00002
<i>L. thracicum</i>	Ni	0,00030±0,00004	0,00033±0,00003
	Zn	0,00040±0,00005	0,00043±0,00003
	Cu	0,00030±0,00005	0,00034±0,00004
	Co	0,00010±0,00005	0,00011±0,00001
<i>L. humile</i>	Ni	0,00020±0,00004	0,00023±0,00003
	Zn	0,00030±0,00004	0,00034±0,00005
	Cu	0,00022±0,00002	0,00024±0,00004
	Co	0,00010±0,00005	0,00013±0,00002

* \bar{x} – среднее арифметическое; t – стандартный коэффициент Стьюдента; S – стандартное отклонение; n – количество измерений

Как видно из таблицы 2 и графиков на рис. 2, разница в средних результатах незначима, что свидетельствует о правильности результатов и статистически правильно выбранной навеске.

Полученные нами данные указывают на высокую степень соответствия количественных показателей содержания микроэлементов в листьях льна при навесках 5 грамм и 10 грамм. При увеличении массы навески показатели содержания исследуемых элементов увеличивались до следующего знака после запятой. Так, наибольшее содержание Ni отмечено у *L. thracicum*, что составило при навеске 5 г 0,00030%, а при навеске 10 г – 0,00033%. Такое высокое соответствие полученных данных позволяет нам утверждать, что в дальнейших исследованиях можно проводить анализ только в навесках 5 г, чтобы охватить для изучения большее количество генотипов.

Чтобы визуализировать полученные нами результаты мы представили их в виде графиков (рис. 2).

Как можно видеть из графиков, наиболее точное соответствие количественного содержания элемента в дробных навесках выявлено по никелю. Содержание этого элемента находилось в пределах от 0,00010 до 0,00033%. Никель поступает в растения в виде иона Ni^{2+} , но может находиться в виде Ni^{+} и Ni^{3+} . Показано, что никель активирует ряд ферментов, в т.ч. нитратредуктазу, и оказывает стабилизирующее влияние на структуру рибосом (Yakushkina, Bakhtenko 2005).

Высокие степени соответствия установлены также по меди и цинку. Так содержание цинка выявлено от 0,00020% до 0,00043%. Цинк поступает в растение в виде ионов Zn^{2+} . Он не участвует в окислительно-восстановительных реакциях, поскольку не меняет степень окисления. Однако он играет важную роль при образовании фитогормона ауксина (Yakushkina, Bakhtenko 2005). Имеются данные о том, что за счет стабилизации дыхания при резкой смене температур цинк повышает жаро- и морозоустойчивость растений (Yagodin et al 1989). В настоящее время известно более 30 цинксодержащих ферментов, а около 20 металлоферментных комплексов активируются цинком. Для всех растений при недостатке цинка характерна задержка роста.

Содержание меди в наших исследованиях составляло 0,00019% до 0,00034%. Медь поступает в растение в виде иона Cu^{2+} или Cu^{+} (Yakushkina, Bakhtenko 2005). Установлено, что благодаря регулируемому действию на содержание в растениях ингибиторов роста фенольной природы, медь повышает устойчивость растений полеганию и способствует увеличению засухо-, морозо- и жароустойчивости (Yagodin et al 1989).

Что касается определения содержания кобальта в листовом материале льна, то мы выявили, что навеска 5 г является недостаточной, и полученные значения одинаковы у всех объектов. Только в навеске 10 г выявлены отличия в количественном содержании данного элемента. Поэтому при изучении данного элемента еще необходимо будет провести изучение его содержания в больших навесках. Как известно, кобальт находится в тканях растений в ионной (Co^{2+} , Co^{3+}) и комплексной форме (Yakushkina, Bakhtenko 2005). Уже доказана необходимость кобальта для бобовых, где он сосредоточен в клубеньках, а также для пшеницы. Имеются многочисленные данные о положительном действии данного элемента на урожай многих растений. Положительное действие кобальта в первую очередь проявляется на почвах, хорошо обеспеченных всеми остальными элементами минерального питания, с реакцией близкой к

нейтральной (Yagodin et al 1989). Трудность решения вопроса о необходимости кобальта заключается в том, что потребность в нем чрезвычайно мала.

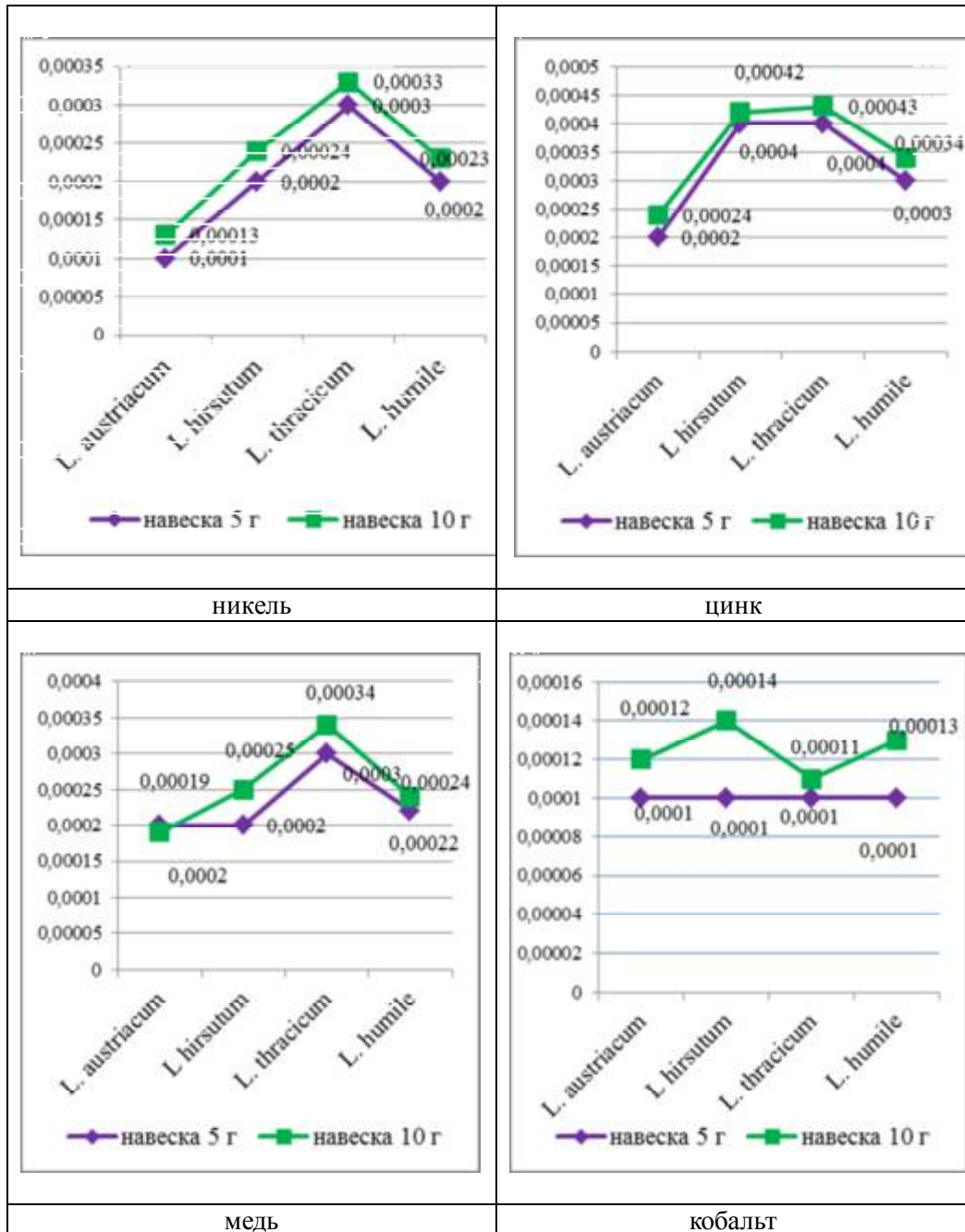


Рис. 2. Сравнительное содержание микроэлементов в разных навесках листьев льна

Нами выявлено, что среди исследуемых видов наибольшей способностью к аккумуляции микроэлементов выделился вид *L. thracicum*, а меньше всего

накопление отмечено у *L. austriacum*. Мы полагаем, что это связано с размерами листовой пластинки и наличием характерного налета на листьях *L. austriacum*.

Понимание физиологической роли различных микроэлементов в процессах жизнедеятельности и потребности в них в процессе роста и развития растений льна масличного поможет нам в будущем сформировать рекомендации по применению микроудобрений при выращивании данной культуры. Кроме традиционных видов микроудобрений и комплексных удобрений с включением микроэлементов, все шире используются комплексоны металлов-микроэлементов. Такие нетрадиционные формы микроудобрений, обладают высокой доступностью для растений, а также могут повышать доступность растениям льна микроэлементов, уже имеющихся в почве.

Выводы

1. Для обеспечения правильности результатов количественного определения Ni, Zn, Cu, Co в листьях разных видов льна методом атомно-абсорбционной спектрометрии выработана оптимальная процедура анализа, которая заключается в применении сверхчистых реактивов, микрохимической посуды I класса и ступенчатости озоления пробы.

2. Подобрана оптимальная смесь кислот для растворения зольных остатков и обеспечивающая достаточную чувствительность на уровне следов элементов за счет дисперсности аэрозоля.

3. Правильность результатов доказана методом дробных навесок. Установлена высокая степень соответствия количественных показателей содержания микроэлементов в листьях льна при навесках 5 и 10 грамм.

4. Выявлено, что в листьях разных видов льна содержание никеля находилось в пределах от 0,00010 до 0,00033%, цинка – 0,00020-0,00043%, меди – 0,00019-0,00034%, кобальта – 0,0001-0,00014%.

5. Установлено, что среди исследуемых видов наибольшей способностью к аккумуляции микроэлементов выделился вид *L. thracicum*, а меньше всего накопление отмечено у *L. austriacum*.

Литература

1. Алемасова А.С., Рокун А.Н., Шевчук И.А.(2003) Аналитическая атомно-адсорбционная спектроскопия. Донецк. ДНГУ.
2. Битюцкий Н. П. (1999) Микроэлементы и растение. Санкт-Петербург.
3. Величко О.Н. (2011). Особенности оценки неопределенности при лабораторных измерениях. Збірка наукових праць. Харків. ХУПС. 1(91): 2-5.
4. Гармаш А.В., Сорокина Н.М. (2017). Метрологические основы аналитической химии. Москва. МГУ.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия (1990) М.: Высшая школа. 352 с.
6. Національний стандарт України. Точність (правильність, прецизійність) методів та результатів вимірів. Ч.1. ГОСТНСО 5725-1-2005.
7. Поляков О.І., Нікітенко О.В., Махно О.О. (2017) Вплив додаткового живлення та системи основного обробітку ґрунту на формування продуктивності льону олійного. Науково-технічний бюл. ІОК НААН. 24: 198-207.
8. Разумов В.А. (1982). Массовый анализ кормов. Москва. Колос.
9. Тихомирова В.Я. (2009) Использование элементов питания из удобрений культурами льняного севооборота, вынос микроэлементов и тяжелых

металлов льном-долгунцом при разных погодных условиях. *Агрохимия* 12: 44-47.

10. Трунилова В. Н. (2003) Эффективность применения микроэлементов и их комплексонатов на посевах льна-долгунца в условиях Северо-Запада Российской Федерации: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.04 Великие Луки.

11. Хавезов И., Цалев Д. (1983). Атомно-адсорбционный анализ. Ленинград. Химия.

12. Ягодин Б.Я., Смирнов П.М., Петербургский А.В. (1989) *Агрохимия*. Агропромиздат.

13. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. (2005) *Физиология растений*. ВЛАДОС.

References

1. Alemasova AS, Rokun AN, Shevchuk IA (2003) *Analiticheskaya atomno-adsorbtsionnaya spektroskopiya (Analytical atomic adsorption spectroscopy)*. Donetsk DNGU.

2. Bityutsky NP (1999) *Mikroelementyi i rastenie (Trace elements and plant)*. St. Petersburg.

3. Velichko ON (2011) *Osobennosti otsenki neopredelennosti pri laboratornykh izmereniyah (Features uncertainty assessment in laboratory measurements)*. Zbirka naukovih prats. Kharkiv HUPS. 1 (91): 2-5.

4. Garmash AV, Sorokina NM (2017) *Metrologicheskie osnovyi analiticheskoy himii (Metrological basis of analytical chemistry)*. Moscow. Moscow State University.

5. Lakin GPh (1990) *Biometriya (Biometrics) M.: Vysshaya shkola*. 352

6. Natsionalniy standart Ukrayini. Tochnist (pravilnist, pretsiziynist) metodiv ta rezultativ vimiriv. Ch. 1. GOSTNCO 5725-1-2005. National standard of Ukraine. The exactness (correctness, precision) of the methods and the results of the events. Ch. 1. GOSTNCO 5725-1-2005.

7. Poliakov OI, Nikitenko OV, Makhno OO (2017) *Vpliv dodatkovogo zhivlennya ta sistemi osnovnogo obrobItku gruntu na formuvannya produktivnosti lonu ollynogo (Injecting pre-datal living system and the main processing of the soil on the form of productivity of the oil)*. *Naukovo-tehnIchniy byul. IOK* 24: 198-207.

8. Razumov VA (1982) *Massoviyiy analiz kormov (Mass analysis of feed)*. Moscow. Kolos.

9. Tikhomirova VYa (2009) *Ispolzovanie elementov pitaniya iz udobreniy kulturami lnyanogo sevooborota, vyinos mikroelementov i tyazhelyih metallov Inom-dolguntsom pri raznyih pogodnyih usloviyah (The use of nutrients from fertilizers by crops of flax crop rotation, removal of trace elements and heavy metals by flax under different weather conditions)*. *Agrohimiya* 12: 44-47.

10. Trunilova VN (2003) *Ispolzovanie elementov pitaniya iz udobreniy kulturami lnyanogo sevooborota, vyinos mikroelementov i tyazhelyih metallov Inom-dolguntsom pri raznyih pogodnyih usloviyah (Effectiveness of the use of trace elements and their complexonates on the crops of flax in the conditions of the North-West of the Russian Federation): avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kand. s.-h. nauk: spec. 01.06.04 Velykie Luki*.

11. Khavezov I, Tsalev D (1983) Atomno-adsorbtsionnyy analiz.. (Atomic adsorption analysis). Leningrad. Khimiya.
12. Yagodin BYa, Smirnov PM, Petersburgsky AV (1989) Agrohimiya (Agrochemistry). Agropromizdat.
13. Yakushkina NI, Bakhtenko EYu (2005) Fiziologiya rasteniy (Plant physiology). VLADOS.

ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ В РОСЛИННОМУ МАТЕРІАЛІ ЛЬОНУ

Н.П. Синяєва, І.О. Полякова, Л.Г. Курченко¹

Запорізький національний університет

¹*ПАТ Інститут титану*

В статті наведені результати вивчення мікроелементного складу рослинної листової маси 4 видів льону методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Для забезпечення правильності результатів кількісного визначення Ni, Zn, Cu, Co була вироблена оптимальна процедура аналізу, підібрана суміш кислот для розчинення зольних залишків, що забезпечує достатню чутливість визначення. Встановлений високий ступінь відповідності кількісних показників вмісту мікроелементів у листках льону при наважках 5 і 10 грам. Виявлено, що в листках різних видів льону вміст нікелю знаходився в межах від 0,00010 до 0,00033%, цинку – 0,00020-0,00043%, міді – 0,00019-0,00034%, кобальту – 0,0001-0,00014%. Встановлено, що серед досліджуваних видів найбільшою здатністю до акумуляції мікроелементів виділився вид *L. thracicum*, а менше всього накопичення відмічене у *L. austriacum*.

Ключові слова: *Ліній, вид, листок, мікроелемент, атомно-адсорбційна спектрометрія.*

DETERMINATION OF MICROELEMENT COMPOSITION IN FLAX PLANT MATERIAL

N.P. Synsaeva, I.A. Poliakova, L.G. Kurchenko¹

Zaporozhye National University

¹*PJSC Titanium institute*

Trace elements are essential nutrients found in plants in fractions of percent, but at the same time performing important functions in vital processes. Scientific studies on the study of microelements are carried out in order to ascertain their quantitative content, the physiological role and the possibilities of replenishing the elements lacking the plant with fertilizers.

Flax - highly profitable technical and oilseeds, which is widely used in agricultural production. However, the issues of mineral nutrition of culture, especially microelement, are still little studied and debatable in

many aspects. It has been revealed that many elements of mineral nutrition by plants of flax are consumed in small quantities, but their role and significance in the formation of yield is important and significant. Copper, zinc, molybdenum, cobalt are involved in enzymes that determine the intensity of photosynthesis and respiration, stimulate the formation of growth substances, vitamins, nucleic acids, and zinc stimulates the growth of flax elementary fibers in length, which improves the quality of the fiber. It was established that flaxen belongs to the group of crops sensitive to the lack of boron, copper, zinc.

An important point in the study of the microelement composition of plant material is the method of research used. Atomic absorption spectrometry is an instrumental method of quantitative elemental analysis that is common in analytical chemistry. Modern methods of atomic absorption determination make it possible to reveal the content of almost 70 elements by atomic absorption spectra.

Most of the work in this direction was carried out on flax, not on flax. Therefore, the goal of our research was to establish the optimal analysis procedure and determine the quantitative content of four trace elements Ni, Zn, Cu, Co in the leaves of oil flax and a number of types of flax.

The objects of the work were three perennial wild species of flax *Linum austriacum* L., *Linum hirsutum* L., *Linum thracicum* Degen. and cultivated oilseed linen *Linum humile*. These samples are part of the collection of wild flax species, which is maintained at the experimental site of the department of landscape gardening and genetics of Zaporizhzhya National University.

Studies were performed on a Hitachi 180-80 atomic adsorption spectrophotometer with a flame atomizer and a non-selective interference detector using the Zeeman effect. The analysis was performed in five replications. The data were statistically processed.

To ensure the correctness of the quantitative determination of Ni, Zn, Cu, Co in the leaves of different types of flax, an optimal analysis procedure was developed using atomic absorption spectrometry.

An optimal mixture of acids has been selected for dissolving the ash residues and providing sufficient sensitivity at the level of trace elements due to the dispersity of the aerosol.

The correctness of the results proved by the method of fractional weights. A high degree of compliance with the quantitative indicators of the content of trace elements in flax leaves with weights of 5 and 10 grams. With an increase in the weight of the sample, the indicators of the content of the elements under study increased to the next decimal place. Thus, the highest Ni content was observed in *L. thracicum*, which amounted to 0,00030% with 5 g of the weighed, and 0,00033% with the weighed 10 g. Such a high correspondence of the obtained data allows us to state that in further studies it is possible to carry out an analysis only in batches of 5 g in order to cover a larger number of genotypes for study.

It was revealed that in the leaves of different types of flax nickel content ranged from 0.00010 to 0.00033%, zinc - 0.00020-0.00043%, copper - 0.00019-0.00034%, cobalt - 0.0001 -0,00014%.

It was established that among the studied species, the species *L. thracicum* had the highest ability to accumulate microelements, and the least accumulation was noted in *L. austriacum*.

Key words: *Linum*, species, leaf, trace element, atomic adsorption spectrometry.