

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В КОРМОВЫХ КУЛЬТУРАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN FORAGE CROPS IN THE NOVOSIBIRSK REGION

Ключевые слова: тяжёлые металлы, кормовые культуры, дефицит.

Проведён анализ данных по содержанию тяжёлых металлов в кормовых культурах Новосибирской области на реперных участках локального мониторинга. Тяжёлые металлы могут не только снижать питательность выращенной кормовой продукции, но и быть токсичными для животных. Исследованиями установлено, что содержание тяжёлых металлов в кормовых культурах значительно варьирует не только в разных кормовых культурах, но и внутри вида. Однолетние травы на зелёную массу (вика, горох, овёс) содержат большие концентрации тяжёлых металлов, чем зелёная масса из гороха и овса, т.к. бобовые культуры более чувствительны к действию тяжёлых металлов по сравнению с зерновыми культурами. Уровни концентрации кадмия, свинца, цинка и меди в кормовых культурах не превышают предельно допустимых концентраций, установленных департаментом ветеринарии. Выявлено низкое содержание меди (менее 5 мг/кг) и цинка (менее 30 мг/кг), свидетельствующее о дефиците биологически необходимых элементов и недостаточной минеральной полноценности продукции, что может негативно отразиться на здоровье животных и человека. Критический уровень содер-

жания меди выявлен в зерносмеси из гороха и овса – 1,84 мг/кг.

Keywords: heavy metals, forage crops, deficiency.

The data on heavy metal content in forage crops in the Novosibirsk Region in the reference plots of local monitoring was analyzed. Heavy metals may both reduce the nutritional value of the produced forage, and be toxic for farm animals. The studies revealed that heavy metal content in forage crops varied considerably not only in different forage crops, but also within a plant species. Annual grasses for herbage reveal greater concentration of heavy metals than the herbage of peas and oats since legumes are more sensitive to the effect of heavy metals compared to cereal crops. The levels of cadmium, lead, zinc and copper in forage crops do not exceed the maximum permissible concentration standards specified by the Veterinary Department. Low content of copper (less than 5 mg/kg) and zinc (less than 30 mg/kg) has been found; that is indicative of the deficiency of biologically essential elements and insufficient mineral value of the products; that may affect negatively animal and human health. The critical copper content was revealed in grain mixture of peas and oats, which made 1.84 mg/kg.

Фещенко Валентина Петровна, нач. отдела, ФГБУ «ЦАС «Новосибирский», Новосибирская обл. E-mail: agros17@mail.ru.

Feshchenko Valentina Petrovna, Head of Division, Agrochemical Service Center "Novosibirskiy", Novosibirsk Region. E-mail: agros17@mail.ru.

Введение

Химический состав растительной продукции во многом определяет здоровье животных и человека. Известно, что длительное несбалансированное поступление химических элементов в организм человека является одним из важных факторов, определяющих заболевания сердечнососудистой системы, органов дыхания, кровообращения, врождённые аномалии и др. [1, 2]. Большую опасность для живых организмов представляют тяжёлые металлы, так как они обладают высокой токсичностью, подвижностью и биоаккумулятивностью [3]. Загрязнение почв тяжёлыми металлами снижает питательность выращенной кормовой продукции [4], а при высоких концентрациях химических элементов корма могут быть токсичными для животных. Сельскохозяйственные культуры обладают неодинаковой способностью поглощать и накапливать тяжёлые металлы, они располага-

ются следующим образом: зерновые > фуражные > корнеплоды > листовые овощи [5]. Установлено, что употребление кормов с повышенным содержанием свинца и кадмия ухудшает биохимический состав крови животных, снижает молочную продуктивность коров и влияет на химический состав молока [6], увеличивая в нём концентрацию металлов [7]. Поэтому исследование кормовых культур на содержание тяжёлых металлов очень актуально.

Цель исследования – определить уровни концентрации тяжёлых металлов в растениях агроценозов кормовых культур в Новосибирской области.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**: изучить содержание тяжёлых металлов (кадмий, свинец, цинк, медь) в кормовых культурах за 10 лет (2002–2011 гг.); оценить их соответствие допустимым концентрациям.

Объекты и методы

Объектами исследований являлись кормовые культуры: однолетние травы на зелёную массу (вика, горох, овёс), зерносмесь на зелёную массу (горох, овёс), многолетние травы на сено (кострец, люцерна), травы естественных угодий (разнотравье), кукуруза. Исследования проводили на 10 реперных участках локального мониторинга, заложенных ФГБУ «ЦАС «Новосибирский» с учетом природно-сельскохозяйственных и производственно-технологических условий. Расположены участки в пяти природно-геоморфологических районах Новосибирской области на почвах, наиболее типичных для каждой морфоструктуры. В образцах определяли валовое содержание тяжёлых металлов, которое проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией в соответствии с ГОСТ 30692-2000 [8]. Предварительно подготовили пробы способом сухой минерализации. Полученные результаты были статистически обработаны.

Результаты и их обсуждение

Содержание тяжёлых металлов в кормовых культурах значительно варьирует не только в разных кормовых культурах, но и внутри вида (табл.).

Однолетние травы на зелёную массу, состоящие из вики, гороха и овса, содержат большие концентрации тяжёлых металлов, чем зелёная масса из гороха и овса. На высокую чувствительность бобовых культур (вика и люпин) к действию тяжёлых металлов по сравнению с зерновыми культурами (овёс и ячмень) указывается в других исследованиях [9].

Выявленные в результате исследований уровни содержания кадмия, свинца, цинка и меди не превышают предельно допустимых концентраций, установленных департаментом ветеринарии [10]. Вместе с тем отмечается низкое содержание меди (менее 5 мг/кг) и цинка (менее 30 мг/кг) в кормовых культурах, и речь идёт о дефиците биологически необходимых элементов, что приводит к снижению минеральной полноценности продукции. В норме растения содержат медь в количестве от 5 до 20 мг/кг сухой массы [11].

Дефицит этого элемента в сельскохозяйственных культурах обнаруживается при концентрациях 3-5 мг/кг, а уровень содержания 2 мг/кг становится критическим [12]. Кроме того, низкие концентрации цинка в организме животных повышают всасывание кадмия [13].

Таблица

Содержание тяжёлых металлов в кормовых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы

Химический элемент	$\bar{x} \pm s_x$	lim	V, %
Однолетние травы на зелёную массу (вика, горох, овёс)			
Кадмий	0,19 ± 0,04	0,15-0,26	34,0
Свинец	1,14 ± 0,10	1,00-1,33	14,8
Цинк	28,83 ± 1,19	27,40-31,20	7,16
Медь	4,27 ± 0,27	3,90-4,80	11,1
Зерносмесь на зелёную массу (горох, овёс)			
Кадмий	0,03 ± 0,02	0,01-0,07	101,0
Свинец	0,73 ± 0,54	0,17-1,80	128,0
Цинк	9,60 ± 5,50	3,84-20,60	99,3
Медь	1,84 ± 0,80	0,98-3,44	75,7
Многолетние травы на сено (кострец, люцерна)			
Кадмий	0,10 ± 0,02	0,002-0,19	68,1
Свинец	0,85 ± 0,15	0,13-1,70	61,2
Цинк	25,51 ± 3,68	7,04-46,00	49,9
Медь	3,24 ± 0,55	0,91-7,10	58,8
Травы естественных угодий (разнотравье)			
Кадмий	0,16 ± 0,07	0,05-0,36	87,7
Свинец	1,09 ± 0,16	0,71-1,40	29,1
Цинк	21,70 ± 2,82	13,80-26,90	26,0
Медь	3,56 ± 0,42	2,82-4,73	23,4
Кукуруза			
Кадмий	0,06 ± 0,03	0,009-0,14	103,7
Свинец	1,38 ± 0,78	0,15-3,31	104,3
Цинк	25,35 ± 1,26	22,70-28,30	10,0
Медь	3,25 ± 0,76	1,60-5,19	46,5

Таким образом, выявленные в результате исследований уровни концентрации кадмия, свинца, цинка и меди по санитарно-гигиеническим нормам не представляют опасности для окружающей среды. Однако не менее важной является проблема дефицита биологически необходимых элементов – меди и цинка.

Выводы

1. Уровни концентрации кадмия, свинца, цинка и меди в кормовых культурах не превышают предельно допустимых концентраций, установленных департаментом ветеринарии.

2. Выявлено низкое содержание меди (менее 5 мг/кг) и цинка (менее 30 мг/кг), свидетельствующие о дефиците биологически необходимых элементов и недостаточной минеральной полноценности продукции, что может негативно отразиться на здоровье животных и человека.

3. В зерносмеси из гороха и овса выявлен критический уровень содержания меди – 1,84 мг/кг.

Библиографический список

1. Морковкин Г.Г., Панова Е.В. Влияние поступления химических элементов в организм человека с суточным рационом питания на заболеваемость сельских жителей Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2005. – № 3 (19). – С. 17-26.

2. Морковкин Г.Г., Панова Е.В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах и овощах // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук – 2006. – № 6. – С. 80-83.

3. Зырянова У.П. Влияние экологических факторов на содержание тяжёлых металлов и Cs-137 в микобиоте лесных экосистем: автореф. дис. канд. биол. наук. – Ульяновск, 2007. – 28 с.

4. Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Влияние тяжёлых металлов на кормовую ценность сельскохозяйственных культур // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. / под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань, 2004. – С. 306-308.

5. Hoffmann G. Zusammenhänge zwischen kritischen Schadstoffgehalten in Boden, Futter- und Nahrungspflanzen // Landwirtschaftliche Forschung. – 1982. – 39. – S. 130-153.

6. Спринчак Д.В. Детоксикация тяжёлых металлов (свинца и кадмия) в системе почва – растение – животное: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 119 с.

7. Бурлакова Л.М., Антонова О.И., Девев Н.Г., Морковкин Г.Г. и др. Экоотоксиканты в системе «почвы – растения – животные»

(на примере отдельных зон Алтайского края): монография. – Барнаул: АГАУ, 2001.

8. ГОСТ 30692-2000. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Атомно-абсорбционный метод определения меди, свинца, цинка и кадмия. – Минск: Изд-во стандартов, 2001. – 11 с.

9. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экоотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжёлыми металлами. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.

10. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. – М.: ЦИНАО, 2002. – 76 с.

11. Алёхина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений: учеб. для студентов вузов / под ред. И.П. Ермакова. – М.: Академия, 2005. – 640 с.

12. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжёлые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.

13. Смоляков А.В., Бокова Т.И., Мотовилов К.Я. Влияние пробиотического препарата на аккумуляцию тяжёлых металлов в организме птицы // Пища, экология, качество: тр. III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Краснообск, 30 июня-01 июля 2003 г.). – Новосибирск, 2003. – С. 59-62.

References

1. Morkovkin G.G., Panova E.V. Vliyanie postupleniya khimicheskikh elementov v organizm cheloveka s sutochnym ratsionom pitaniya na zaboлеваemost' sel'skikh zhitelei Altaiskogo kraja // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2005. – № 3 (19). – S. 17-26.

2. Morkovkin G.G., Panova E.V. Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov v pochvakh i ovoshchakh // Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. – 2006. – № 6. – S. 80-83.

3. Zyryanova U.P. Vliyanie ekologicheskikh faktorov na sodержanie tyazhelykh metallov i Cs-137 v mikobiote lesnykh ekosistem: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Ul'yanovsk, 2007. – 28 s.

4. Mazhaiskii Yu.A., Guseva T.M. Vliyanie tyazhelykh metallov na kormovuyu tsennost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // Ekologicheskoe sostoyanie prirodnoi sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennykh meliorativnykh tekhnologii: sb. nauch. tr. / pod red. Yu.A. Mazhaiskogo. – Ryazan'. – 2004. – S. 306-308.

5. Hoffmann G. Zusammenhänge zwischen kritischen Schadstoffgehalten in Boden, Futter- und Nahrungspflanzen // Landwirtschaftliche Forschung. – 1982. – 39. – S. 130-153.

6. Sprinchak D.V. Detoksikatsiya tyazhelykh metallov (svintsa i kadmiya) v sisteme pochva –

rastenie – zhitovnoe: dis. ... kand. biol. nauk. – Novosibirsk, 2004. – 119 s.

7. Burlakova L.M., Antonova O.I., Deev N.G., Morkovkin G.G. i dr. Ekotoksikanty v sisteme «pochvy – rasteniya – zhitovnye» (na primere ot del'nykh zon Altaiskogo kraja): monografiya. – Barnaul: AGAU, 2001.

8. GOST 30692-2000. Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Atomno-absorbtsionnyi metod opredeleniya medi, svintsa, tsinka i kadmiya. – Minsk: Izd-vo standartov, 2001. – 11 s.

9. Chernykh N.A., Milashchenko N.Z., Ladonin V.F. Ekotoksikologicheskie aspekty zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami. – M.: Agrokonsalt, 1999. – 176 s.

10. Metodicheskie ukazaniya po otsenke kachestva i pitatel'nosti kormov. – M.: TsINA O, 2002. – 76 s.

11. Alekhina N.D., Balnokin Yu.V., Gavrilenko V.F. i dr. Fiziologiya rastenii: ucheb. dlya studentov vuzov / pod red. I.P. Ermakova. – M.: Akademiya, 2005. – 640 s.

12. Il'in V.B., Syso A.I. Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoi oblasti. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001. – 229 s.

13. Smolyakov A.V., Bokova T.I., Motovilov K.Ya. Vliyanie probioticheskogo preparata na akkumulyatsiyu tyazhelykh metallov v organizme ptitsy // Pishcha, ekologiya, kachestvo: tr. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Krasnoobsk, 30 iyunya-01 iyulya 2003 g.). – Novosibirsk, 2003. – S. 59-62.



УДК 633.412:631.67:631.445.4(571.15)

С.В. Макарычев, Н.И. Зайкова
S.V. Makarychev, N.I. Zaykova

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РЕЖИМЫ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД СТОЛОВОЙ СВЕКЛОЙ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ

THERMOPHYSICAL PROPERTIES AND REGIMES OF LEACHED CHERNOZEM UNDER TABLE BEET UNDER IRRIGATION

Ключевые слова: влажность, объемная теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность, режим орошения.

В условиях Юго-Западной Сибири, где основной земельный фонд представлен потенциально плодородными черноземами, зачастую имеет место недостаток влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. Поэтому для улучшения водного режима почв используется орошение на базе местных водных ресурсов. В то же время теплофизические свойства и режимы черноземов в условиях оросительных мелиораций изучены недостаточно. Теплофизические характеристики, такие как объемная теплоемкость, тепло- и температуропроводность, зависят от целого ряда почвенно-физических факторов: влажность, плотность, дисперсность. Почвенные горизонты исследованного чернозема по своему гранулометрическому составу достаточно однородны и постоянны во времени. Содержание гумуса в течение вегетации меняется незначительно, так же как и плотность. Поэтому влияние этих факторов на изменение теплофизических свойств минимально. Динамика влажности почвы под столовой свеклой в богарных условиях в большей степени зависит от метеорологических особенностей региона, тогда как при орошении определяется поливными нормами. Поэтому и величины объемной теплоемкости активного слоя (0-60 см) зависят только от режима увлажнения. В течение вегетации ее максимум отмечался на варианте с нормой полива

75-85%НВ. При такой влажности почвы имеет место снижение температуропроводности. В то же время динамизм теплопроводности оказывается аналогичным характеру изменений теплоемкости.

Keywords: moisture, volumetric heat capacity, temperature diffusivity, heat conductivity, irrigation regime.

In South-West Siberia where most of the land fund is represented by potentially fertile chernozems, there is frequent available moisture deficiency for crops. To improve the soil water regime, irrigation based on local water resources is used. Yet the thermophysical properties and regimes of chernozems under irrigation amelioration are still understudied. The thermophysical characteristics as volumetric heat capacity, temperature diffusivity and heat conductivity are determined by a number of soil-physical factors as moisture content, density and the degree of dispersion. The soil horizons of the chernozem studied are sufficiently uniform in terms of the particle size distribution and time-constant. Both humus content and density vary insignificantly throughout the growing season. The effect of these factors on the change of the thermophysical properties is minimal. The dynamics of soil moisture under table beet in rainfed conditions is largely dependent on the meteorological characteristics of the region, whereas under irrigation it is determined by irrigation rates. Therefore, the volumetric heat capacity values of the active layer (0-60 cm) depend on the mois-