

Особенности накопления тяжёлых металлов зерновыми бобовыми культурами в агроландшафтах Самарского Заволжья

Д.А. Ахматов, к.б.н., доцент, В.Б. Троц, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Самарская ГСХА

Из зерновых бобовых культур наибольшие площади в агроландшафтах Самарского Заволжья занимает горох посевной (*Pisum sativum*). Наряду с горохом ряд хозяйств центральной и южной зоны промышленно культивирует относительно новое для региона растение – сою (*Glycine hirsuta*). Учитывая важное продовольственное, промышленное и кормовое значение зерновых бобовых, получение экологически безопасной продукции этих культур является основной производственной задачей [1, 2]. В литературе отмечается, что бобовые растения способны к избирательному поглощению и регулируют поступление токсинов в ткани организма. Однако в условиях высокого фонового загрязнения территории регуляторная функция нарушается и в продукцию может поступать большое количество тяжёлых металлов (ТМ): химических элементов плотностью более 5 г/см³. Попадая в почву и растения, они включаются в метаболические циклы живых организмов, образуя высокотоксичные канцерогенные соединения, загрязняющие продукты питания и окружающую среду [3, 4].

Это требует мониторинга проблемы и разработки адекватных технологических приёмов, минимизирующих негативные последствия привнесения токсикантов [5].

Цель исследования – изучение особенностей накопления и характера локализации Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn в фитомассе гороха посевного и сои, возделываемых в различных почвенно-климатических условиях Самарского Заволжья.

Материал и методы исследования. Эксперименты проводили в 2008–2010 гг. Пробы растений отбирались в соответствии с общепринятыми рекомендациями [6, 7] в северной лесостепной, центральной переходной и южной степной зонах, на стационарных опытных посевах. Почвы участков: чернозём выщелоченный – на севере; чернозём типичный – в центре и чернозём южный – на юге. Определение ТМ в фитомассе проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом сухой минерализации в лаборатории ФГУ «Агрохимическая станция «Самарская» [8, 9].

Результаты исследования. В результате опытов выявлено, что горох, выращенный в северной зоне Самарского Заволжья, аккумулирует в среднем 0,060 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы Cd, 0,86 – Pb, 25,60 – Zn, 5,07 – Cu, 0,46 – Co и 28,68 мг/кг – Mn (табл.). Эти объёмы накопления относительно не велики и не превышали по Cd – 20,0%, Pb – 17,0%, Zn – 51,2%, Cu – 16,9%, Co – 46,0% и Mn – 14,3% от ПДК, а по Cd и Cu и регионального фонового уровня. Однако концентрация в фитомассе Pb, Zn, Co и Mn соответственно в 1,6, 1,2, 1,3 и 1,5 раза превышала естественную норму. Очевидно, это связано с корневыми выделениями гороха, увеличивающими подвижность и абсорбцию почвенных металлотоксинов, а возможно, и с их привнесением воздушными потоками на поля извне.

Почвенно-климатические и техногенные условия центральной зоны способствовали меньшей аккумуляции ТМ в фитомассе гороха. Установлено, что общий объём изучаемых элементов не пре-

Содержание ТМ в зернобобовых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008–2010 гг.

Тип почвы	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозём выщелоченный	горох	бобы	0,038	0,20	26,34	5,20	0,20	33,50
		стебель	0,060	0,60	23,32	4,00	0,50	27,13
		корень	0,080	1,78	27,12	6,00	0,68	25,30
		среднее	0,060	0,86	25,60	5,07	0,46	28,68
Чернозём типичный	соя	бобы	0,030	0,10	22,42	4,20	0,10	29,52
		стебель	0,080	0,61	12,46	3,30	0,46	25,61
		корень	0,120	0,89	26,15	5,12	0,56	22,26
		среднее	0,080	0,54	20,35	4,41	0,38	25,80
	горох	бобы	0,015	0,20	21,41	3,44	0,10	28,14
		стебель	0,027	0,43	20,88	2,96	0,37	27,89
		корень	0,057	1,29	22,40	4,20	0,40	24,51
		среднее	0,040	0,64	21,57	3,54	0,29	26,85
Чернозём южный	горох	бобы	0,030	0,30	18,55	2,60	0,15	26,13
		стебель	0,058	0,57	16,13	2,00	0,24	24,20
		корень	0,126	1,32	20,16	3,20	0,36	22,00
		среднее	0,080	0,73	18,28	2,60	0,25	24,11
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*РФУ (для гороха)			0,26	0,54	20,99	6,77	0,37	19,17

Примечание: * – по данным Н.М. Матвеева и др., 1997 г.

вышал 52,93 мг/кг, что было на 7,80 мг меньше показателей северной зоны. При этом снижение концентрации наблюдалось по всем металлам и составляло у Cd – на 50,0%, Pb – 34,4%, Zn – 18,7%, Cu – 43,3%, Co – 58,7% и Mn – на 6,9%. Сравнение полученных показателей с индексами ПДК не выявило их превышения. По Cd, Cu и Co они находились даже ниже регионального фоновго уровня. В то же время, как и в северной зоне, отмечалось повышенное поступление в растения Pb, Zn и Mn, соответственно на 18,6, 2,8 и 40,1%.

Зональные особенности аккумуляции элементов прослеживались и у растений степной зоны, возделываемых на чернозёме южном. В целом они содержали около 46,05 мг/кг ТМ. Это было на 32,0% меньше, чем у растений северной зоны, и на 14,9% – центральной. Особенно существенное уменьшение концентрации в тканях наблюдалось у Cu, с 5,07 мг/кг – на севере до 3,54 мг/кг – в центре и 2,60 мг/кг – на юге, или на 95,0 и 36,2%. Содержание Zn, Co и Mn было на 18,0, 16,0 и 11,3% было ниже значений центральной зоны и на 40,0, 84,0 и 18,9% – северной.

По Cd и Pb, наоборот, наблюдалось повышение концентрации. Причём объёмы накопления растениями Cd в 2,0 раза превышали показатели центральной зоны и в 1,3 раза – северной – 0,080 мг/кг против 0,040 и 0,060 мг/кг. Содержание Pb на 14,1% превосходило значения растений, выращенных на чернозёме типичном. Однако, несмотря на локальное повышение Cd в фитомассе гороха, объёмы его накопления были в 3,2 раза меньше регионального фоновго уровня. Аналогичные закономерности прослеживались по Zn, Cu и Co. И только по Pb и Mn уровень поступления элементов оказался на 35,2 и 25,8% больше естественных потребностей. Сравнение полученных результатов с индексами ПДК показало, что содержание Cd в растениях гороха было меньше ПДК в 3,7 раза, Pb – 6,8, Zn – 2,7, Cu – 11,5, Co – 4,0, а Mn – в 8,2 раза.

Выявлено, что основная часть поглощённого растениями Cd, Pb и Co, как у гороха северной зоны, так и южной, откладывается в подземной фитомассе. В стебель проникает в среднем в 1,3–3,0 раза, а в бобы в 2,1–6,4 раза меньше токсинов, чем в корень. Превалирующую долю Zn и Cu растения также локализируют в корневой зоне, вторым вместилищем этих элементов являются бобы, где их содержание в 1,1–1,8 раза выше, чем в стеблях. У Mn, наоборот, наибольшее количество металла – 26,13–33,50 мг/кг растения транспортировали в бобы и только 22,00–25,30 мг/кг, или на 18,7–32,4% меньше, откладывали в корневой зоне. В стеблях и листьях локализовалось от 24,20 до 27,89 мг/кг Mn. Это на 7,9–20,1% ниже значений бобов и на 10,0–10,2% – корней. Повышенное количество Zn, Cu и Mn в генеративной части растений, очевидно, обусловлено их участием в синтезе белков и аминокислот, причём Mn – в большей степени.

Сравнение объёмов аккумуляции металлов биомассой гороха и сои показало, что характер поступления элементов и их локализация в растениях во многом схожи с той разницей, что практически при равной концентрации Zn и Mn, соя, как высокоэнергетическая культура, в отличие от гороха, в тех же агроусловиях почти в 2,0 раза больше поглощала Cd, в 1,2 – Cu и в 1,3 раза – Co. Однако по отношению к Pb соя проявляла избирательность, абсорбируя его на уровне фоновых значений – 0,54 мг/кг, или на 18,5% ниже, чем горох. При этом общая сумма металлов в сое только на 2,6% уступала гороху и равнялась 51,56 мг/кг. Так же как и горох, максимальное количество элементов, за исключением Mn, соя откладывала в корневой части, и лишь незначительная доля Cd, Pb и Co проходила биологические барьеры и поступала в бобы. Локализация Mn, Zn и Cu в надземной части во многом подчинялась закономерностям, выявленным у гороха, наибольшее их количество отмечалось в бобах сои. Анализ полученных результатов и контрольных индексов не выявил превышения ПДК, поскольку концентрация тяжёлых металлов в тканях сои была на уровне естественных потребностей растительного организма в микроэлементах.

Выводы. По результатам исследования можно сделать выводы, что агроэкологические условия Самарского Заволжья позволяют формировать фитомассу гороха и сои с концентрацией тяжёлых металлов значительно ниже ПДК. С продвижением посевов гороха с севера на юг содержание в растениях Zn, Cu, Co и Mn уменьшается, а Cd и Pb возрастает. Соя при практически равных с горохом объёмах поглощения Zn и Mn больше абсорбирует Cd, Cu и Co и меньше Pb. Основную часть Cd Pb и Co зерновые бобовые растения локализируют в корневой зоне. Zn, Cu и Mn в относительно больших количествах транспортируются в бобы.

Литература

- Амосов Н.А. Алгоритм здоровья. М., 2002. С. 39–52.
- Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. Л: Агропромиздат, 1987. 142 с.
- Ахматов Д.А., Троц В.Б. Особенности накопления Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn в фитомассе пропашных культур Самарского Заволжья // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2015. Т. 1. С. 29–33.
- Троц В.Б., Троц Н.М. Аккумуляция тяжёлых металлов чернозёмами Самарского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 141–144.
- Потапов М.А. Влияние тяжёлых металлов на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции в условиях серых лесных почв Чувашской Республики: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. 2005. 16 с.
- Мажайский Ю.А., Ильинский А.В. Тяжёлые металлы в чернозёмах Рязанской области // Сборник научных трудов Рязанского НИПТИ АПК. Рязань, 2002. С. 218–219.
- Баранников В.Д., Кирилов Н.К. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции. М.: Колосс, 2008. С. 43–76.
- Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. Государственный комитет санэпиднадзора РФ. М., 1992. 35 с.
- Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжёлых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара, 1997. С. 120–220.