

# АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЗЕЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ

*П.А. Постников, к.с.-х.н., Уральский НИИСХ*

*Показано, что применение зеленых удобрений на фоне минеральных удобрений способствует снижению подвижности марганца, цинка, свинца в почве. Концентрация тяжелых металлов в сидератах мало зависела от их вида.*

*Ключевые слова: сидерат, тяжелые металлы, почва.*

Исследованиями установлено, что известкование и систематическое применение органических и минеральных удобрений влияют на агрохимические свойства почвы: катионную емкость, содержание гумуса, микробиологическую активность и т.д. Это позволяет использовать удобрения для регулирования и повышения устойчивости почвы к загрязнению тяжелыми металлами (ТМ), и значит для получения экологически безопасной продукции [1, 2].

Правильно выбранная система удобрения под сельскохозяйственные культуры улучшает физико-химические и биологические свойства почвы, оптимизирует питание растений биогенными элементами [3].

Разработка мероприятий по охране пахотных земель, применение агроприемов, способствующих снижению негативного влияния в агроэкосистемах при антропогенном воздействии, возможны лишь на основе проведения агроэкологического мониторинга [4]. Также важно выявить для каждой сельскохозяйственной культуры безопасный уровень содержания тяжелых металлов в пахотном слое, подобрать наиболее толерантные культуры, что позволит получать экологически безопасную продукцию даже на загрязненных почвах [5].

Цель наших исследований – оценить характер действия токсичных элементов в системе удобрения – почва – растение.

**Методика.** Исследования проводили в 1998-2001 гг. в двух закладках полевого опыта на темно-серой тяжелосуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой:  $pH_{\text{сол}}$  5,4-5,6, содержание легкогидролизуемого азота – 11,2-12,5, подвижного фосфора – 11,1-13,3, обменного калия – 12,2-13,7 мг/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 24,8-27,9 мг-экв/100 г, гумуса – 5,7-6,4 %.

После уборки озимой ржи в качестве промежуточных культур на сидерат высевали горох, рапс, сурепицу, суданскую траву, горох + овес. Эффективность различных видов сидератов изучали в звене севооборота озимая рожь – ячмень – овес: прямое действие на ячмене, а последствие – на овсе.

Фосфорно-калийные удобрения внесены при закладке опыта в запас на три года из расчета 135 кг д.в./га. Среднегодовая насыщенность минеральным азотом в звене севооборота составила 46,6 кг/га. Азотные удобрения вносили под основную культуру (озимая рожь) в дозе  $N_{60}$ . Продуктивность сидеральных культур изучали на фоне последствие минеральных удобрений, внесенных под основную культуру. В первый год действия сидератов – фон  $N_{34}$ , на второй –  $N_{44}$ .

Определение (ТМ) проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

**Результаты и их обсуждение.** Агроклиматические условия в укосный период после озимой ржи повлияли на урожайность сидеральных культур. Для накопления растительной массы промежуточных культур (15-20 т/га) без дополнительного внесения минерального азота необходима сумма эффективных температур не менее 800-1000 °С, количество осадков – 90-140 мм. Ухудшение теплового режима в 1999 г. даже при достаточном количестве продуктивной влаги в пахотном слое обеспечило выход зеленой массы 10,8-15,0 т/га.

Из всех изучаемых промежуточных культур в качестве сидерата, посеянных после уборки озимой ржи на зеленый корм, наибольший выход зеленой массы обеспечили горохо-

овсяная смесь и сурепица. Сбор надземной массы в среднем за два года составил 14,8-15,0 т/га, а наименьшим он был по гороху – всего 12,7 т/га (табл. 1). По накоплению надземной массы поукосные культуры практически не уступали второму укосу клевера лугового, который тоже использовали на зеленое удобрение.

**1. Урожайность сидеральных культур и накопление элементов питания с урожаем (1998-1999 гг.)**

Сидеральная культура	Урожайность, т/га	Содержание элементов питания в зеленой массе, кг/га			Содержание тяжелых металлов, мг/кг АСВ			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Cd	Pb
Горох	12,7	92,7	25,4	59,7	31,4	5,09	0,34	4,26
Горох + овес	15,0	87,0	33,0	75,0	21,8	2,75	0,26	2,58
Рапс	13,8	66,0	27,6	84,2	23,8	3,54	0,53	3,62
Сурепица	14,8	69,6	37,0	100,6	27,9	4,23	0,44	4,08
Суданская трава	14,0	63,0	28,0	70,0	24,0	2,45	0,24	1,42
Отава клевера	16,7	83,5	25,0	70,1	25,9	5,90	0,43	4,94
НСР <sub>05</sub>	2,6							

Зеленые удобрения – важный резерв пополнения почвы питательными веществами, по большей части легко доступными растениям. Химический анализ сидеральных культур свидетельствовал, что содержание N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O в надземной массе зависело от их вида. Наибольшее количество азота в бобовых культурах и его смеси: в горохе – 7,3-7,6 кг/т, в горохоовсяной смеси – 5,8, а в крестоцветных культурах – 5,0 кг/т.

По фосфору различия между промежуточными культурами менее заметны, его содержание составляло 2,0-2,5 кг/т. Количество доступного калия в растительной массе колебалось от 4,7 до 6,8 кг/т. Из всех изучаемых культур больше калия содержат рапс и сурепица.

По количеству основных питательных элементов все изучаемые сидеральные культуры не уступали подстилочному навозу. За 2 года окупаемость 1 т сидерата составила около 0,7-0,95 корм. ед.

По содержанию азота в зеленой массе выделялись бобовые культуры, по калию – крестоцветные. Наибольшее количество элементов питания поступает с сурепицей и горохоовсяной смесью (195-207 кг/га): 33-45 % N, 19- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 38-48 % K<sub>2</sub>O.

При применении агрохимических средств под сельскохозяйственные культуры, наряду с основными питательными элементами в почву попадает определенное количество ТМ. На фоне техногенного загрязнения пахотного слоя они могут представлять опасность из-за получения продукции с их избыточным содержанием. Минеральные удобрения, получаемые из природного сырья (суперфосфат, хлористый калий, фосфоритная мука и т.д.), служат источником свинца, никеля, кадмия [6].

Из зеленых удобрений, использованных в наших исследованиях, наибольшее содержание ТМ имели горох и сурепица. Отава клевера превосходила все сидеральные культуры по концентрации меди и свинца. Наименьшее количество ТМ в 1 кг сухого вещества обнаружено в суданской траве, рапс и горохоовсяная смесь занимали промежуточное положение. В целом по наличию ТМ зеленые удобрения не превышали нормативные требования, предъявляемые к традиционным органическим удобрениям [7].

Исходя из шкалы экологического нормирования ТМ для почв [8], их содержание в темно-серой почве по большинству определяемых элементов низкое, за исключением кадмия (повышенное). В то же время, сравнивая исходное содержание токсичных элементов в пахотном слое с ПДК, обнаружено превышение по меди, а по кадмию оно приближалось к допустимому фону (табл. 2). Такая подвижность ТМ связана не только с загрязнением, но и с высоким их фоновым содержанием в верхнем слое почвы, которое обусловлено естественными геохимическими процессами почвообразующей породы. Большая вариабельность фонового содержания токсичных элементов в почвах в различных зонах страны требует уточнения ПДК с учетом почвенно-географических провинций [9].

## 2. Содержание подвижных форм ТМ в почве (0-20 см)

Вариант опыта	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
	мг/кг почвы				
Перед закладкой опыта (1997 г.)					
	500	13,7	7,60	5,12	0,50
После окончания опыта (2001 г.)					
Контроль	521	15,6	5,38	7,19	0,47
Горох	492	14,9	5,19	5,44	0,46
Горох +овес	485	15,4	7,00	6,75	0,42
Рапс	450	13,2	6,44	5,82	0,42
Суданская трава	474	14,1	6,50	5,88	0,49
Отава клевера	478	14,7	6,25	5,44	0,49
ПДК	700	23,0	3,0	6,0	2,0

Анализ полученных данных показал, что под влиянием физиологически кислых минеральных удобрений повысилась подвижность свинца и цинка по отношению к исходному содержанию перед закладкой опыта, а по меди – обратная тенденция. Содержание кадмия в опытных делянках осталось практически на уровне минерального фона удобрений. Подвижность марганца возросла только на контроле, при применении сидератов обнаружена тенденция к снижению подвижных форм данного элемента, особенно после рапса.

Следует отметить, что в данной почве, несмотря на усиление антропогенной нагрузки из-за промышленных выбросов предприятий г. Екатеринбурга в прошлом столетии, по наличию подвижных форм ТМ в пахотном слое концентрации их не превышала предельно допустимые нормы, за исключением меди. Это свидетельствует об ее устойчивости к накоплению тяжелых металлов в пахотном слое, в основе которой лежит высокая емкость поглощения, обусловленная большим содержанием гумуса, глинистых частиц в темно-серой почве.

Анализ растениеводческой продукции показал, что по содержанию ТМ зерно и солому можно использовать на корм животным без ограничений (табл. 3). В то же время при использовании зерна на пищевые цели, выращенного вблизи промышленных городов, следует обратить особое внимание на содержание в нем свинца, так как его количество в ячмене находилось на уровне допустимой концентрации или выше [10]. Высокое содержание свинца и кадмия в зерне, по видимому, связано с высоким естественным фоном данных элементов в почве.

Оценивая различные виды зеленых удобрений, можно отметить, что они не приводили к заметному снижению усвоения ТМ по отношению к минеральному фону, за исключением меди. В соломе ячменя под влиянием сидератов выявлена тенденция к снижению количества цинка в сравнении с кон-

тролем. По другим элементам питания, каких-либо четких закономерностей в данном опыте не выявлено.

## 3. Содержание ТМ в ячмене, мг/кг сухого вещества

Культура	Zn	Cu	Cd	Pb	Hg
Контроль (основная культура – озимая рожь на 3/к)	29,7 5,06	3,08 0,70	0,12 0,12	0,55 0,89	0,013 0,01
Горох	28,2 3,56	2,82 0,61	0,11 0,12	0,43 0,86	0,012 0,01
Горох + овес	28,7 3,00	2,50 0,52	0,11 0,12	0,48 0,81	0,011 0,01
Рапс	28,8 4,06	2,88 0,74	0,09 0,18	0,52 1,00	0,014 0,01
Суданская трава	27,6 2,89	2,68 0,75	0,10 0,14	0,63 0,87	0,012 0,01
Отава клевера	24,4	2,58	0,12	0,54	0,014
МДУ для корма	50	30	0,3	5,0	0,05
ДУ для зерна	50	10	0,1	0,5	0,03

*Примечание.* Над чертой – содержание ТМ в зерне ячменя, под чертой – в соломе.

Сравнивая количественные данные по содержанию тяжелых металлов в зерне и соломе, можно подчеркнуть, что в процессе роста и развития ячменя происходит перераспределение поглощенных элементов. Так, в побочной продукции (соломе) остается значительная часть свинца и кадмия, а в зерне – цинка и меди. Это свидетельствует о том, что растения могут в определенной степени с помощью физиологических барьеров ограничивать поступление наиболее токсичных металлов из вегетативных органов в репродуктивные. Токсичный элемент ртуть распределен более равномерно по всей растениеводческой продукции.

**Выводы.** Данные химического анализа почвы и растений свидетельствуют, что применение зеленых удобрений не является радикальным средством очищения почв от загрязнения ТМ, но может способствовать получению более безопасной продукции.

## Литература

- Шильников И.А., Лебедева Л.А., Лебедев С.Н. и др. Факторы, влияющие на поступление тяжелых металлов в растения // *Агрохимия*. -1994. – № 10. – С.94-101.
- Черных Н.А., Овчаренко М.М., Поповичева Л.Л., Черных И.Н. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов // *Агрохимия*. -1995. – № 5. – С.101-107.
- Лебедева Л.А., Соловьева Ю.Б. Экологическое значение агрохимических фонов при возделывании ячменя на дерново-подзолистой почве, загрязненной кадмием // *Доклады РАСХН*. – 2002. – № 2. – С.22-24.
- Литвак Ш.И., Шевцова Л.К., Романенков В.А., Явтушенко В.Е., Варламов В.А. Агроэкологический полигон – новая форма агрохимического полевого эксперимента // *Агрохимия*. – 1997. – № 5. – С.89-95.
- Лукин С.В., Лисецкий Ф.Н., Явтушенко В.Е. Нормирование содержания тяжелых металлов в черноземе // *Вестник РАСХН*. – 2000. – № 4. – С.68-69.
- Державин Л.М. Химизация и экология // *Химизация сельского хозяйства*. -1991. – № 7. – С.37.
- Орлов Д.С., Садовникова Л.С., Ладонин Д.В. Экологические нормативы и нетрадиционные органические удобрения // *Химия в сельском хозяйстве*. -1995. – №5. – С.35-38.
- Черных Н.А., Ладонин В.Ф. Вопросы нормирования содержания тяжелых металлов в почве // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1995. – № 5. – С.10-13.
- Ильин В.Б. Оценка существующих экологических нормативов содержания тяжелых металлов // *Агрохимия*. – 2000. – № 9. – С.74-79.
- СанПиН 2.3.2 1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

## AGROENVIRONMENTAL MONITORING USING GREEN FERTILIZERS

P.A. Postnikov, Ural Research Institute of Agriculture

Glavnaya ul. 21, Yekaterinburg, 620061 Russia, E-mail: postnikov.ural@mail.ru

It has been established that the use of green fertilizers in combination with mineral fertilizers decreases the mobility of manganese, zinc, and copper in the soil to initial level. The concentration of heavy metals in green fertilizers little depends on the plant species.

Keywords: green manure, heavy metals, soil.