Использование результатов почвенного мониторинга для управления продуктивностью агроценозов

***С.В. Лукин**, д.с.-х.н., профессор,*
ФГБУ ЦАС «Белгородский»

Важнейшие задачи земледелия – это обеспечение максимально возможной продуктивности агроценозов и воспроизводства плодородия почв. Чтобы сохранить плодородие почв, в неё нужно вернуть всё, что отчуждается с урожаем. В настоящее время не менее половины прироста растениеводческой продукции получают за счёт внесения удобрений [1]. Удобрения представляют собой важнейшее средство регулирования биологического круговорота, предотвращающее истощение почв, деградацию агроландшафтов и расширение геологического круговорота. Их применение – одно из определяющих условий оптимизации сельскохозяйственного природопользования, экологического и экономического благополучия социума [2].

В системе применения удобрений первостепенным является определение оптимальных доз и сочетаний различных видов и форм минеральных макро- и микроудобрений. От обоснованности доз минеральных удобрений зависит не только величина урожая и его качество, но и безопасность окружающей среды, экономическая эффективность удобрений и в целом агротехнологий.

Наиболее объективную исходную информацию для расчёта доз минеральных удобрений можно получить по результатам обобщения данных специальных опытов по оценке эффективности удобрений в агротехнологиях. Поскольку полевые опыты не всегда охватывают все условия возделывания сельскохозяйственных культур, дозы минеральных удобрений дифференцируют в соответствии с установленными в опытах общими закономерностями [3].

В адаптивно-ландшафтном земледелии система удобрения сельскохозяйственных культур должна основываться на актуальных данных почвенного мониторинга: степени эродированности, гранулометрическом составе почвы, содержании доступных для растений макро- и микроэлементов, кислотности и т. д. [3].

Цель данной работы – проанализировать результаты основных параметров почвенного мониторинга, в наибольшей степени влияющих на продуктивность агроценозов.

Материал и методы исследования. Территория Белгородской области включает лесостепную и степную почвенные зоны. Почвенный покров пашни лесостепной зоны в основном представлен чернозёмами типичными (44,8% от всех пахотных почв области), выщелоченными (25,7%) и тёмно-серыми лесными почвами (6,2%), а степной зоны – чернозёмами обыкновенными (13,0%), чернозёмами остаточно-карбонатными (1,1%) и чернозёмами солонцеватыми (3,6%). Доля эродированных пахотных почв составляет 47,9% [4]. Общая посевная площадь в 2016 г. составила 1440,3 тыс. га.

В работе использованы результаты сплошного агрохимического обследования пахотных почв. При расчёте средней продуктивности гектара посевной площади использовались статистические данные по валовым сборам основных сельскохозяйственных культур и посевным площадям под этими культурами в Белгородской области, а также данные по содержанию кормовых единиц (к. ед.) в растениеводческой продукции.

Результаты исследования. Важным фактором плодородия почв, значительно влияющим на формирование урожая сельскохозяйственных культур, является кислотность почв. На кислых почвах существенно снижается продуктивность основных возделываемых в ЦЧО культур: сахарной свёклы, озимой пшеницы, кукурузы, люцерны. В результате этого только в Белгородской области, по самым скромным оценкам, ежегодный недобор растениеводческой продукции оценивается в 200 тыс. т в пересчёте на зерно.

Мониторинг кислотности почв проводится в области с третьего цикла обследования (1976–1983 гг.). В этот период доля кислых почв составляла 22,9%, в том числе среднекислых – 1,5%. В 2010–2014 гг. доля кислых почв увеличилась до 45,8%, а среднекислых – до 12,6% (без учёта произвесткованных почв). За период с 1976 г. по 2014 г. средние темпы роста доли кислых почв в области составили 0,6% в год.

На основе данных мониторинга кислотности почв была разработана областная программа известкования. Всего за период действия программы (2010–2016 гг.) было произвестковано 340,6 тыс. га кислых почв. Прибавки урожайности озимой пшеницы в результате известкования составляют 0,1–0,54, сахарной свёклы – 3–11 т/га.

Фосфор является одним из основных макроэлементов в питании растений. По данным сплошного обследования 1964–1970 гг., средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в пахотных почвах составляло 55 мг/кг и являлось фактором, лимитирующим продуктивность агроценозов в области (табл. 1).

По мере увеличения поступления фосфора с минеральными и органическими удобрениями содержание подвижных форм этого элемента в почвах увеличивалось и достигло максимума (131 мг/кг) в 1995–1999 гг. Резкое уменьшение использования удобрений в 2005–2009 гг. привело к снижению средневзвешенного содержания подвижных форм фосфора в почвах до 116 мг/кг.

В последнем цикле обследования (2010–2014 гг.), благодаря возросшим объёмам применения минеральных и особенно органических удобрений, содержание подвижных фосфатов в почвах увеличилось до нового исторического максимума – 138 мг/кг. В области преобладают почвы со средним (31,5% от общей площади почв) и повышенным (34,6%) содержанием подвижного фосфора. Доля почв с очень высоким содержанием подвижного фосфора (более 200 мг/кг) увеличилась до 14%. По обобщённым результатам полевых опытов, проводимых на чернозёмах выщелоченных, установлено, что при содержании в почве подвижного фосфора на уровне 200 мг/кг и более прибавка зерновых культур от внесения фосфорных удобрений практически отсутствует [5].

Калий относится к числу важнейших элементов в питании растений. Значительное уменьшение почвенного калийного фонда может привести к утрате экологических и хозяйственных функций почвы, снижению продуктивности выращиваемых культур.

По данным первого цикла сплошного агрохимического обследования (1964–1970 гг.), средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах области составляло 105 мг/кг и практически соответствовало содержанию в целинных почвах. В 1976–2009 гг. величина данного параметра изменялась незначительно, в пределах 120–130 мг/кг, несмотря на большие различия в уровне использования удобрений.

По результатам восьмого цикла обследования (2010–2014 гг.), средневзвешенное содержание подвижных форм калия в почвах увеличилось до 147 мг/кг (на 15,8%). Причина этого – возросшие объёмы использования органических удобрений. В области преобладают почвы с повышенным (31,1%) и высоким (40,3%) содержанием подвижного калия. Существенно (с 11,0 до 20,3%) увеличилась доля почв, очень высоко обеспеченных калием.

Одним из факторов, отрицательно влияющим на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур, является низкая обеспеченность почв подвижными формами серы и многих микроэлементов. По данным последнего завершённого цикла агрохимического обследования (2010–2014 гг.), доля пахотных почв, низко обеспеченных подвижными формами серы, составила 95,0, цинка – 99,2, меди – 96,9, кобальта – 94,1, марганца – 54,4%.

Для устранения дефицита серы целесообразно применять серные удобрения, от которых прибавки урожайности зерна озимой пшеницы составляют 0,17–0,37 т/га [6]. Для устранения дефицита микроэлементов целесообразно применять микроудобрения. Как правило, современные микроудобрения рекомендуют использовать для обработки семян и внекорневой подкормки растений. На чернозёмах прибавки урожайности озимой пшеницы от внесения марганца могут составлять 0,15–0,30, цинка – 0,15–0,20 т/га [1].

Для определения доз удобрений в современных ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия агрохимической службе рекомендован алгоритм расчёта, учитывающий многие параметры плодородия, определяемые в процессе почвенного мониторинга. На его основе рассчитаны дозы минеральных удобрений, для получения урожайности зерна озимой пшеницы 6 т/га. Доля данной культуры в структуре посевных площадей области в 2012–2016 гг. составила 21,7%.

Дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений на намечаемую урожайность озимой пшеницы определяют по выносу питательных элементов

1. Динамика обеспеченности пахотных почв подвижными формами фосфора и калия (по Чирикову), % от обследованной площади

Показатель		Циклы и годы агрохимического обследования								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1964–1970	1971–1975	1976–1983	1984–1989	1990–1994	1995–1999	2000–2004	2005–2009	2010–2014
Подвижные формы фосфора										
Группы обеспеченности	очень низкое (<20 мг/кг)	7,4	1,7	3,0	2,3	1,9	0,9	0,6	0,6	0,3
	низкое (21–50 мг/кг)	46,6	22,7	14,8	10,6	7,8	5,0	6,5	7,2	2,7
	среднее (51–100 мг/кг)	39,9	65,1	57,2	43,9	34,7	33,6	38,0	41,5	31,5
	повышенное (101–150 мг/кг)	4,7	7,6	16,4	25,5	28,1	30,8	31,1	30,4	34,6
	высокое (151–200 мг/кг)	1,0	1,9	5,1	11,2	14,4	16,4	13,5	11,8	16,9
	очень высокое (>200 мг/кг)	0,4	1,0	3,5	6,5	13,1	13,3	10,3	8,5	14,0
Средневзвешенное содержание, мг/кг		55	72	86	103	119	131	121	116	138
Подвижные формы калия										
Группы обеспеченности	очень низкое (<20 мг/кг)	1,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1
	низкое (21–40 мг/кг)	6,5	2,1	0,4	2,0	2,1	1,9	2,0	1,4	0,6
	среднее (41–80 мг/кг)	21,1	32,9	15,0	12,1	16,7	13,5	14,5	12,5	7,6
	повышенное (81–120 мг/кг)	35,3	44,1	43,0	33,2	37,5	38,4	42,5	39,0	31,1
	высокое (121–180 мг/кг)	32,8	18,4	32,5	36,7	30,5	34,0	31,9	36,1	40,3
	очень высокое (>180 мг/кг)	3,0	2,4	9,0	15,9	12,9	12,1	9,0	11,0	20,3
Средневзвешенное содержание, мг/кг		105	97	120	130	126	128	121	127	147

культурой из расчёта на 1 т основной продукции с учётом побочной с использованием поправочных коэффициентов, учитывающих особенности предшественника пшеницы, гранулометрический состав и степень смытости почв. При расчёте доз фосфорных и калийных удобрений дополнительно используются коэффициенты, учитывающие обеспеченность почв подвижными формами этих элементов. При очень высокой обеспеченности почв подвижным фосфором и калием фосфорные и калийные удобрения под пшеницу вносить не рекомендуют. При расчёте доз фосфорных удобрений помимо перечисленных показателей используются поправочные коэффициенты, учитывающие кислотность почв [3].

По нормативам выноса для формирования урожайности озимой пшеницы 6 т/га (с учётом побочной продукции) необходимо азота – 135,6, фосфора – 49,8, калия – 89,4 кг/га. Рассчитанные в зависимости от свойств почвы и особенностей предшественников примерные дозы азота находятся в пределах 61,0–203,4, фосфора – 0–78,8, калия – 0–167,4 кг/га (табл. 2, 3, 4).

Если под озимую пшеницу или под предшествующую культуру использовались органические удобрения, то годовая доза минеральных удобрений снижается на величину содержания доступных элементов питания в органике (с учётом коэффициентов их использования). Если под предшествующую культуру вносились фосфорные и калийные удобрения, то доза соответствующих удобрений под озимую пшеницу также снижается с учётом коэффициентов использования этих элементов в последействии.

Рассчитанные годовые дозы азотных удобрений необходимо корректировать по результатам почвенной и растительной диагностики азотного питания растений [7].

В современных агротехнологиях, за счёт применения более совершенных средств защиты растений, интенсивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, эффективность использования удобрений существенно увеличилась. Например, в 2012–2016 гг. по сравнению с периодом интенсивной химизации 1986–1990 гг. уровень внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу сократился в 1,94 раза, под кукурузу на зерно – в 2,21 раза, под сахарную свёклу – в 1,58 раза. В эти же годы использование органических удобрений под озимую пшеницу сократилось в 4,65 раза, под сахарную свёклу – в 2,42 раза, а под кукурузу увеличилось в 2,2 раза. При этом урожайность озимой пшеницы увеличилась в 1,17 раза, кукурузы – в 1,96 раза, сахарной свёклы – в 1,65 раза (табл. 5).

В целом продуктивность агроценозов в последние годы также существенно выросла. Если в 1984–1989 гг. при внесении 165 кг д.в./га минераль-

2. Примерные годовые дозы азотных минеральных удобрений для получения урожайности зерна озимой пшеницы 6 т/га, кг/га

Предшественники	Гранулометрический состав почв	Степень смытости почвы			
		несмытые	слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Многолетние травы	глинистые, тяжелосуглинистые	61,0	67,1	79,3	91,5
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	67,8	74,6	88,2	101,7
Пары чистые, зернобобовые	глинистые, тяжелосуглинистые	97,6	107,4	126,9	146,4
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	108,5	119,4	141,0	162,7
Другие предшественники	глинистые, тяжелосуглинистые	122,0	134,2	158,6	183,0
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	135,6	149,2	176,3	203,4

3. Примерные годовые дозы фосфорных минеральных удобрений для получения урожайности зерна озимой пшеницы 6 т/га, кг/га

Группы обеспеченности почв подвижными формами фосфора	Гранулометрический состав почв	Степень смытости почвы			
		несмытые	слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Очень низкое	глинистые, тяжелосуглинистые	65,7	69,0	72,3	78,8
	ссреднесуглинистые, супесчаные, песчаные	59,8	62,8	65,8	71,8
Низкое	глинистые, тяжелосуглинистые	60,3	63,3	66,3	72,4
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	54,8	57,5	63,3	65,8
Среднее	глинистые, тяжелосуглинистые	54,8	57,5	63,3	65,8
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	49,8	52,3	54,8	59,8
Повышенное	глинистые, тяжелосуглинистые	27,4	28,8	30,1	32,9
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	24,9	26,1	27,4	29,9
Высокое	глинистые, тяжелосуглинистые	16,4	17,2	18,0	19,7
	среднесуглинистые, супесчаные, песчаные	14,9	15,6	16,4	17,9

Примечание: расчёты проведены для почвы с pH_{KCl} более 5,1, при условии, что предшественником пшеницы были занятые пары

4. Примерные годовые дозы калийных минеральных удобрений для получения урожайности зерна озимой пшеницы 6 т/га, кг/га

Группы обеспеченности почв подвижными формами калия	Гранулометрический состав почв	Степень смытости почвы			
		не-смытые	слабо-смытые	средне-смытые	сильно-смытые
Очень низкое	глинистые, тяжелосуглинистые	93,0	97,7	102,3	111,6
	среднесуглинистые	116,2	122,0	127,8	139,4
	супесчаные, песчаные	139,5	146,5	153,5	167,4
Низкое	глинистые, тяжелосуглинистые	85,8	90,1	94,4	103,0
	среднесуглинистые	107,3	112,7	118,0	128,8
	супесчаные, песчаные	128,7	135,1	141,6	154,4
Среднее	глинистые, тяжелосуглинистые	71,5	75,1	78,7	85,8
	среднесуглинистые	89,4	93,9	98,3	107,3
	супесчаные, песчаные	107,3	112,7	118,0	128,8
Повышенное	глинистые, тяжелосуглинистые	50,1	52,6	55,1	60,1
	среднесуглинистые	62,6	65,7	68,9	75,1
	супесчаные, песчаные	75,1	78,9	82,6	90,1
Высокое	глинистые, тяжелосуглинистые	35,8	37,6	39,4	43,0
	среднесуглинистые	44,7	46,9	49,2	53,6
	супесчаные, песчаные	53,6	56,2	59,0	64,3

Примечание: расчёты проведены при условии, что предшественником пшеницы были занятые пары

5. Динамика применения удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур в Белгородской области

Показатель	Годы		
	1986–1990	2007–2011	2012–2016
Озимая пшеница			
Урожайность, т/га	3,52	3,25	4,11
Доза органических удобрений, т/га	20,0	2,5	4,3
Доза минеральных удобрений, кг д.в./га	188	98	97
Кукуруза на зерно			
Урожайность, т/га	3,09	3,82	6,04
Доза органических удобрений, т/га	8,0	3,8	17,6
Доза минеральных удобрений, кг д.в./га	283	154	128
Сахарная свёкла			
Урожайность, т/га	26,2	30,9	43,3
Доза органических удобрений, т/га	10,9	4,1	4,5
Доза минеральных удобрений, кг д.в./га	510	355	323

6. Динамика применения удобрений, химической мелиорации и продуктивности пахотных почв

Годы	Продуктивность, тыс. к. ед./га	Произвестковано, тыс. га/год	Внесено удобрений	
			органических, т/га	минеральных, кг/га
1964–1970	2,35	6,8	1,6	41,0
1971–1975	2,61	9,0	2,2	59,0
1976–1983	2,88	16,3	3,6	96,0
1984–1989	3,57	33,1	5,4	165,0
1990–1994	3,53	31,3	5,2	112,0
1995–1999	2,30	6,4	2,4	38,0
2000–2004	2,72	1,2	1,3	53,0
2005–2009	3,43	1,7	1,2	89,2
2010–2014	3,71	36,9	4,8	97,9
2015	4,40	75,1	7,6	94,0
2016	5,26	81,0	7,2	101,3

ных и 5,8 т/га органических удобрений средняя продуктивность гектара посевной площади составляла 3,57 тыс. кормовых единиц, то в 2010–2014 гг. этот показатель увеличился до 3,71 тыс. к. ед./га при более низком уровне использования удобрений: 97,9 кг д.в./га – минеральных и 4,8 т/га – органических. В течение 2015 и 2016 гг. продуктивность агроценозов возросла ещё больше: до 4,40 и 5,26 тыс. к. ед./га соответственно (табл. 6).

Выводы. На основе анализа данных почвенного мониторинга установлено, что важным фактором, лимитирующим продуктивность агроценозов в

Белгородской области, является наличие кислых почв (45,8% от обследованных), а также почв с низкой обеспеченностью подвижными формами серы (95,0%), цинка (99,2%), меди (96,9%), кобальта (94,1%), марганца (54,4%). В то же время в течение 2010–2014 гг. возросла обеспеченность пахотных почв подвижными формами фосфора и калия, а средняя продуктивность гектара посевной площади достигла исторического максимума – 3,71 тыс. к. ед./га. Расчёты на основе современного алгоритма показывают, что для получения урожайности озимой пшеницы 6 т/га, в зависимости от предшественников и таких свойств почвы, как степень смытости, гранулометрический состав, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия, необходимо внесение дозы азота 61,0–203,4, фосфора – 0–78,8, калия – 0–167,4 кг/га.

Литература

1. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. 404 с.
2. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 19–25.
3. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание / А.Л. Иванов и др. М.: Росинформагротех, 2010. 464 с.
4. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий дом, 2005. 292 с.
5. Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М. и др. Агробиохимический цикл фосфора. М.: Россельхозакадемия, 2012. 512 с.
6. Шкель М.П. Применение серосодержащих удобрений. Минск: Ураджай, 1979. 63 с.
7. Диагностика минерального питания пшеницы и некорневые подкормки / Светов В.А., Овчаренко М.М., Ефремова Л.Н., Медведкина Н.В. М.: 1985. 17 с.