

этом максимальная агрономическая эффективность применения минеральных удобрений была получена при максимальных дозах их внесения.

Согласно проведенным оценкам, использование изученных систем применения удобрений под яровой рапс было энергетически эффективным. Так, на каждую единицу затраченной энергии было получено 1.12-1.50 ед. энергии, содержащейся в прибавке урожая семян, а энергозатраты на 1 ц прибавки урожая семян составили 1556-2274 МДж. При этом наиболее энергетически выгодным оказался вариант с планируемыми положительным балансом фосфора, особенно на фоне последствия зеленого удобрения (N115P80K50).

Таким образом, использование различных систем применения удобрений на выщелоченных черноземах южной лесостепной зоны Республики Башкортостан в среднем за 2011-2013 гг. позволило получить 2.00-2.14 т/га семян ярового рапса (80-86% от планируемого уровня) с содержанием сырого протеина 19.8%. При этом на каждый кг д.в. удобрений было получено 1.74-2.20 кг семян, долевое участие удобрений в формировании урожая составило 21-26%, а энергетический КПД равнялся 1.12-1.50 ед. Наиболее эффективным оказался вариант, рассчитанный с применением балансовых коэффициентов использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы, принятыми за 100, 70-100 и 150% соответственно.

Юсупова Г.М. – магистр 1-го года обучения, e-mail: gulnaz-yusupova-93@mail.ru.

Кириллова Г.Б. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: kgbufa@mail.ru.

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет» (г. Уфа).

Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за помощь в подготовке статьи.

Литература

- Коваленко Н.А., Нугуманов А.Х., Шириев В.М. и др. 2010. Рапс – культура XXI века. Уфа: БНИИСХ, 63 с.
- РОССТАТ, 2014. www.gks.ru
- Кириллова Г.Б., Жуков Ю.П. 2008. Агроэкологическая экспертиза применения удобрений в хозяйствах Чекамагушевского района в Башкирии за 1995-2000 гг. Уфа: ФГОУ ВПО БАУ, 164 с.
- Жуков Ю.П. 1977. Эффективность балансовых систем удобрения в полевом севообороте. В кн.: Итоги работы Географической сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в Нечерноземной зоне. М. С. 23-24.
- Исмаилов Р.Р., Гайфуллин Р.Р. и Зарипов Р.Г. 2007. Технология производства семян ярового рапса в Республике Башкортостан. Уфа: БашГАУ, 36 с.
- Серета Н.А., Валеев В.М., Баязитова Р.И. и Алибаев А.А. 2009. Практикум по агрохимии. Уфа: БашГАУ, 132 с.

Экологическая оценка питания кукурузы на черноземе обыкновенном Ростовской области

Бирюкова О.А., Божков Д.В., Чепко Ж.А. и Носов В.В.

Исследования, проведенные на черноземе обыкновенном, показали, что в лучшем варианте опыта (N100P80K60 и обработка семян цинком) растения кукурузы были достаточно обеспечены макро- и микроэлементами для получения высокого и качественного урожая. Применение минеральных удобрений повышало содержание как макро, так и микроэлементов в зерне кукурузы. При этом не наблюдалось превышения гигиенических нормативов качества и безопасности зерна. Таким образом, рациональное применение минеральных удобрений позволяет получать экологически безопасную продукцию.

Элементный химический состав растений – один из показателей качества продукции растениеводства, и, соответственно, эффективности технологий выращивания сельскохозяйственных культур. В настоящее время назрела необходимость в разработке методов многоэлементной диагностики, позволяющих оценить не только потребность растений в отдельных элементах, но и экологическую безопасность получаемой продукции (Бирюкова, 2011). Методы многоэлементной диагностики питания растений существенно расширяют возможности сравнительной характеристики разных видов и сортов сельскохозяйственных культур по отношению к почвенным условиям, удобрениям и другим факторам, так как появляется

возможность учитывать уровень обеспеченности растений питательными элементами и экологическое качество растительной продукции (Климашевский, 1991).

Полевые опыты были проведены в 2011-2013 гг. в Целинском районе Ростовской области, территория которого по природно-экономическому делению входит в южную зону обыкновенных черноземов. Подробное описание условий проведения однолетних полевых опытов было опубликовано ранее (Носов и др., 2014).

Определение содержания N, P и K в зерне кукурузы проведено после мокрого озоления. Содержание азота в минерализате определяли по ГОСТ13496.4-93, фосфора – по ГОСТ 26657-97.

Таблица 1. Содержание макроэлементов в зерне кукурузы (в расчете на элемент), %

Вариант опыта	2011 г.			2012 г.			2013 г.		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1. Контроль	1.42	0.32	0.45	1.70	0.29	0.42	1.30	0.19	0.29
2. N30P40	1.75	0.38	0.47	2.07	0.38	0.44	1.36	0.23	0.29
3. N100P80K60	2.14	0.52	0.52	2.17	0.53	0.61	1.73	0.48	0.45
4. N18P80K60	1.88	0.48	0.49	1.90	0.49	0.59	1.43	0.36	0.40
5. N100K60	1.77	0.35	0.51	2.11	0.31	0.59	1.55	0.20	0.46
6. N100P80	1.94	0.50	0.47	2.12	0.51	0.47	1.53	0.44	0.31

Примечание: удобрения вносились под предпосевную культивацию; в вариантах 3-6 проводилась обработка семян цинком.

Определение содержания калия проводили на пламенном фотометре ФПА-2. Количество микроэлементов определяли в солянокислом растворе сухой золы атомно-абсорбционным методом (Методические указания по определению тяжелых металлов ..., 1992).

Элементный состав растений кукурузы во многом зависит от почвенно-климатических условий выращивания, сортовых особенностей, а также от технологий возделывания, доз вносимых удобрений и организации севооборотов. В среднем за годы исследований содержание азота в зерне кукурузы варьировало от 1.30 до 2.17%, фосфора – от 0.19 до 0.53%, калия – от 0.29 до 0.61% (табл. 1). Установлено, что с увеличением доз удобрений содержание N, P и K в зерне кукурузы, как правило, повышается. Внесение наибольших доз удобрений в опытах (N100P80K60) повышало содержание макроэлементов в зерне до максимальных значений во все годы исследований. Содержание N, P и K во всех вариантах опыта снизилось в 2013 г. по сравнению с 2011 и 2012 годами. Это объясняется острой продолжительной засухой, наблюдавшейся в критические периоды развития кукурузы в 2013 г.

Наибольшая эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений выявлена при их совместном внесении. Таким образом, в варианте опыта со сбалансированным применением минеральных удобрений растения кукурузы были оптимально обеспечены макроэлементами для получения высокой урожайности зерна.

Аналогичные закономерности выявлены и для накопления биомикроэлементов – Zn и Cu в зерне в результате применения минеральных удобрений (рис. 1-2). В среднем за годы исследований внесение N100P80K60 при обработке семян цинком привело к повышению содержания цинка в зерне на 12.8 мг/кг, а меди – на 1.5 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом опыта. Однако превышение гигиенических нормативов не отмечено ни в одном из вариантов опыта. Данные нормативы для меди составляют 10 мг/кг, а для цинка – 50 мг/кг (Временный максимально-допустимый уровень химических элементов ..., 1987; Гигиенические нормативы ..., 1996).

Полученные трехлетние данные соответствуют среднему содержанию Cu и Zn в зерне кукурузы, наблюдавшемуся в ряде исследований. В работе Б.А. Ягодина с соавт. (1989) содержание цинка в зерне

кукурузы составило 28.3 мг/кг (коэффициент вариации при этом достигал 60%), а меди – 2.21 мг/кг (коэффициент вариации – 37%). В исследованиях, проведенных на черноземе обыкновенном карбонатном (Лукашов, 2006), содержание цинка в зерне различных сортов и гибридов кукурузы варьировало от 14 до 27 мг/кг, а меди – от 2 до 4 мг/кг.

По данным ряда исследователей (Кабата-Пендиас и Пендиас, 1989; Williams и David, 1977), при использовании минеральных удобрений в почву вносится от 7 до 225 мг Pb и от 0.3 до 179 мг Cd на 1 кг воздушно-сухой массы почвы. Высокое поступление данных элементов в почву может приводить к повышению их содержания в растениях. Данные аспекты должны приниматься во внимание для получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

Согласно полученным результатам, внесение удобрений в 2011 и 2012 гг. не способствовало накоплению свинца в зерне кукурузы. Его содержание в зерне по вариантам опыта было на уровне контроля и даже ниже. Однако в 2013 г. было выявлено некоторое увеличение содержания свинца в зерне кукурузы при применении минеральных удобрений (рис. 3). Физиологически нормальной для растений считается концентрация свинца от 0.1 до 5.0 мг/кг сухого вещества (Beker и Chesnm, 1975), критической – 10 мг/кг (Тарабрин, 1980). Предельно допустимая концентрация свинца в зерновых культурах в США, Англии и Франции – 1.5-2.0 мг/кг, а в большинстве стран – 0.3-0.5 мг/кг (Таланов, 1991). Согласно нормативным документам, принятым в нашей стране, концентрация свинца в продукции растениеводства не должна превышать 0.5 мг/кг при ее использовании для пищевых целей и 5.0 мг/кг – на корм. Таким образом, отмеченное в опытах небольшое накопление свинца в зерне кукурузы не превышает самые строгие нормативы.

В отличие от свинца, при применении минеральных удобрений во все годы исследований существенно возрастало содержание кадмия в зерне кукурузы (рис. 4). При исключении фосфорсодержащего удобрения (вариант N100K60) наблюдалось очень слабое накопление кадмия в зерне кукурузы в 2-х из 3-х сезонов. По сводным данным (Кабата-Пендиас и Пендиас, 1989), «нормальное» содержание кадмия в надземной части растений составляет 0.05-0.6 мг/кг сухого вещества, токсичное – 1.0-70 мг/кг сухого вещества. Экспериментальные дан-

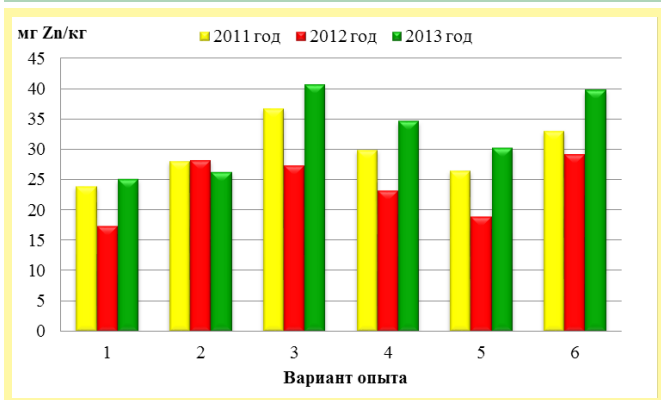


Рис. 1. Содержание цинка в зерне кукурузы.

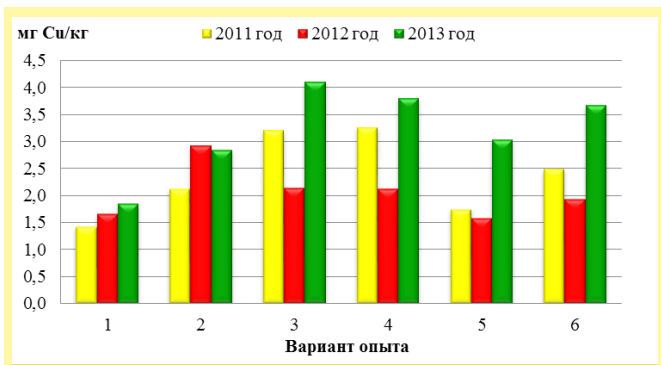


Рис. 2. Содержание меди в зерне кукурузы.

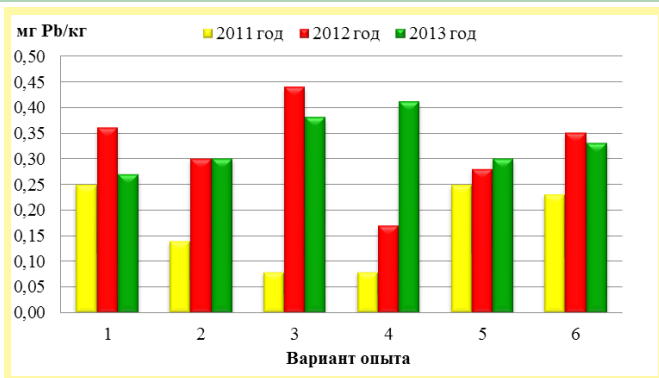


Рис. 3. Содержание свинца в зерне кукурузы.

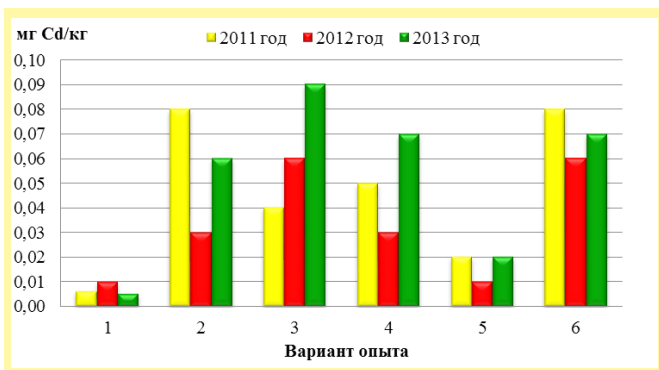


Рис. 4. Содержание кадмия в зерне кукурузы.

ные за 2011-2013 гг. соответствуют среднему содержанию кадмия в зерне кукурузы при применении минеральных удобрений, по данным других исследований, проведенных в РФ. Как видно из рис. 4, содержание кадмия в зерне не превышает допустимый уровень – 0.1-0.3 мг/кг по имеющимся нормативам. Согласно исследованиям Протасовой Н.А. и Горбуновой Н.С. (2010), концентрация кадмия в растениях изменяется от 0.18 до 0.28 мг/кг. Следует отметить, что по фитотоксичности кадмий занимает первое место среди таких элементов, как Cu, Zn и Pb (Овчаренко и др., 1997).

Анализируя полученные данные по содержанию Cu, Zn, Cd и Pb в зерне кукурузы, можно сделать вывод о том, что отклонений от гигиенических нормативов качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов отмечено не было. Следует отметить избирательность поглощения растениями элементов из почвы и функционирование защитных механизмов, препятствующих проникновению тяжелых металлов в органы растений (Ильин, 1991). Физико-химические свойства почвы также оказывают большое влияние на поступление тяжелых металлов в растения. Подвижность Cu, Pb и Zn в почвах Ростовской области обусловлена преимущественно соединениями этих металлов, удерживаемых карбонатами (4-9% от общего содержания и 53-88% от группы непрочно связанных соединений). Из рассматриваемых тяжелых металлов для цинка характерно самое высокое сродство к карбонатам. Доля специфически сорбированных карбонатами форм цинка в группе непрочно связанных соединений на фоновых почвах составляет 88% (Минкина, 2008).

Содержание элементов в зерне кукурузы мож-

но представить следующими рядами: N>K>P; Zn>Cu>Pb>Cd. Среди макроэлементов наибольшее содержание характерно для азота, среди микроэлементов – для цинка. Следует отметить, что при сбалансированном применении минеральных удобрений растения кукурузы были достаточно обеспечены макро- и микроэлементами для получения высокого и качественного урожая. Оптимальная доза удобрений – N100P80K60 до посева с обработкой семян Zn. Применение минеральных удобрений повышало содержание как макро, так и микроэлементов в зерне кукурузы. Однако превышений гигиенических нормативов качества и безопасности пищевого сырья и продуктов не выявлено. Следовательно, при рациональном применении минеральных удобрений на черноземах обыкновенных получается экологически чистая сельскохозяйственная продукция.

Бирюкова О.А. – доцент, доктор сельскохозяйственных наук; Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета. e-mail: olga_alexan@mail.ru.

Божков Д.В. – аспирант, Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

Чепко Ж.А. – студент. Кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета.

Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Литература

- Бирюкова О.А. 2011. Интегрированная диагностика плодородия чернозема обыкновенного Нижнего Дона. Дис. д.с.-х.н. Ростов-на-Дону. 344 с.
- Климашевский Э.Л. 1991. Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат. С. 135-146.
- Носов В.В., Бирюкова О.А., Купров А.В. и Божков Д.В. 2014. Питание растений. Вестник Международного института питания растений, 1: 5-8.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. 1992. М.: ЦИНАО. 61 с.
- Временный максимально-допустимый уровень химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных, мг/кг. №123 – 41 281 – 87 от 15.07.1987 г.
- Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2. 560 – 96.
- Ягодин Б.А., Торшин С.П., Кукурин Н.Л. и Савидов Н.А. 1989. Агрохимия, 3: 125-133.
- Лукашов А.Г. 2006. Применение системы ИСОД в сортоиспытании кукурузы. В кн.: Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации. Материалы международной научной конференции. Ростов-на-Дону. С. 324-329.
- Кабата-Пендиас А. и Пендиас Х. 1989. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир. 439 с.
- Williams C., David D. 1977. Austral. J. Soil Res., 15 (1): 59-64.
- Beker D.E., Chesnut L. 1975. Advances in Agronomy, 27: 306-366.
- Тарабрин В.П. 1980. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами. В кн.: Микроэлементы в окружающей среде. Киев: Наукова думка. С. 17.
- Таланов Г.А. 1991. Санитария кормов: Справочник. №4. М.: Агропромиздат. С.76-83.
- Протасова Н.А. и Горбунова Н.С. 2010. Агрохимия, 7: 52-61.
- Овчаренко М.М., Шильников И.А., Вендило Г.Г., Аканова Н.И. и др. 1997. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение. М. 290 с.
- Ильин В.Б. 1991. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. 150 с.
- Минкина Т.М. 2008. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: Автореф. дис. д.б.н. Ростов-на-Дону. 49 с.

Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, № 3 2014

Ежеквартальный журнал
Международного института питания растений
(онлайн в свободном доступе <http://www.ipni.net/bettercrops>)



Адаптивная система применения органических и минеральных форм азота и борьбы с сорняками при выращивании льна в центральной части штата Айова

С.Р. Гайлэнс и М.Х. Виденхофт

Расширение географии выращивания льна за счет районов Среднего Запада США выявило недостаток информации о необходимых формах азотных удобрений и методах борьбы с сорняками в новом для данной культуры регионе. Полевые опыты, недавно проведенные в центральной части штата Айова, выявили хорошую отзывчивость растений на внесение разных форм азота, однако результаты существенно различались для двух лет наблюдений. Внесение навозного компоста в первый год опытов способствовало наибольшему снижению «индекса урожайности» по сравнению с другими источниками азота. Однако в последующем году с менее благоприятными погодными условиями этого не наблюдалось. Конкуренция со стороны сорных растений оказывала большее влияние на урожайность льна, чем дозы и формы азотных удобрений. Био-

масса сорняков также возросла с увеличением доз азота, что указывает на необходимость разработки эффективной системы борьбы с сорняками при выращивании льна.

Применение технологии высокоточного дистанционного зондирования при внесении азотных удобрений под зерновые культуры в полупустынных районах

Т. Дженсен

Сенсорные технологии настолько хорошо разработаны и достигли такой степени развития, что их использование в сельском хозяйстве стало повсеместным. Недавние исследования по системам выращивания зерновых колосовых культур, проведенные в полупустынном регионе на Северо-Западе США, показали, что усовершенствование и развитие сенсорных технологий дает возможность более точно оценить условия питания растений азотом и позволяет скорректировать рекомендации по применению азотных удобрений.