

УДК 631.81:634.11:631.67

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-ЛИСТ-ПЛОД» НАСАЖДЕНИЙ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Попова В.П., д-р с.-х. наук, Ярошенко О.В., канд. с.-х. наук,
Пестова Н.Г.

Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства
(Краснодар)

Реферат. Приведены результаты исследований динамики накопления макро- и микроэлементов и поступления их в листья и плоды яблони в течение вегетации при интенсивных технологиях возделывания. Выявлено недостаточное поступление в растения азота и калия из почвы. При высоком содержании подвижного марганца в почве и листьях яблони, в яблоках содержание его валовых форм было ниже оптимального уровня. Установлена отрицательная корреляция между температурой воздуха и содержанием этого элемента в плодах ($r = 0,7$). В почве сада выявлено высокое содержание подвижных соединений меди, превышающее предельно допустимую концентрацию в 1,5-2 раза, определена отрицательная корреляция между содержанием подвижного бора в почве сада и условиями увлажнения вегетационного периода ($r = - 0,73$). С увеличением содержания гумуса в чернозёме выщелоченном уменьшалось количество подвижной меди во всех изучаемых слоях почвы ($r = - 0,7$). Для предотвращения избыточного накопления меди и цинка в системе «почва-растение-плоды» при возделывании яблони в условиях интенсивных технологий необходимо сократить количество обработок медь- и цинксодержащими препаратами, заменяя их менее опасными.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, макро- и микроэлементы, яблоня, интенсивные технологии возделывания, качество питания яблони, оптимизация минерального питания яблони

Summary. The results of study of accumulate dynamics of macro- and micronutrients and their entering into the leaves and fruits of apple trees during vegetation at the intensive cultivate technologies are adduced. The insufficient entering in the plants of nitrogen and potassium from the soil is revealed. With a high content of manganese in the soil and apple leaves, content of its total forms was below the optimal level. A negative correlation between air temperature and the content of this element in the fruits ($r = 0,7$) is established. The high levels of mobile copper compounds exceeding the maximum permissible concentration on 1,5-2 times in the garden soil are revealed, the negative correlation between mobile boron in the garden soil and moisture conditions of vegetation ($r = - 0,73$) is determined. With the increase of humus content in the leached chernozem the copper mobile content decreased in the all studied soil layers ($r = - 0,7$). To prevent excessive accumulation of copper and zinc in the "soil-plant-fruits" system at the cultivation of apple trees under intensive technologies it is necessary to reduce the number of treatments of copper-zinc-containing preparations, replacing them ones with less danger.

Keywords: leached chernozem, macro- and microelements, apple, intensive cultivation technologies, nutrition apple duality, optimization of apple tree mineral nutrition

Введение. Сбалансированное питание плодовых растений при оптимальном соотношении макро- и микроэлементов способствует их устойчивости к неблагоприятным условиям среды и получению высоких урожаев плодов. Только при полноценном наборе макро- и микроэлементов в выращиваемых плодах они будут обладать хорошими вкусовыми качествами и диетическими свойствами. В современных условиях ведущая роль в повышении эффективности производства плодовой продукции принадлежит интенсивным технологиям, которые способствуют реализации потенциала продуктивности плодовых культур в конкретных природно-климатических условиях. Обязательным элементом интенсивных технологий при возделывании яблони являются системы защиты от вредных объектов. Более интенсивно пестициды используются в садах яблони зимнего срока созревания, плоды которой предназначены для длительного хранения. Применяемые пестициды привносят в агроценоз сада химические элементы, которые могут способствовать нарушению питания растений яблони.

До последнего времени вопросу изучения качества питания яблони на фоне воздействия комплекса пестицидов и агрохимикатов в насаждениях, возделываемых по интенсивным технологиям, достаточного внимания не уделялось. Установленные зависимости содержания макро- и микроэлементов и их соотношения в системе «почва-растение-плоды» агроценоза яблони должны составить основу новых технологических регламентов для создания высокоточных технологий возделывания яблони с учётом зональных особенностей.

Целью исследований являлось выявление закономерностей содержания макро- и микроэлементов в системе «почва-растение-плоды» агроценоза яблони для оптимизации элементов интенсивных технологий возделывания насаждений.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в условиях прикубанской зоны центральной подзоны садоводства Краснодарского края в насаждениях яблони ЗАО «ОПХ «Центральное» (г. Краснодар). Объекты исследований – яблоня сорта Айдаред 1990 г. посадки на подвое М9, схема посадки 5x2 м и чернозём выщелоченный малогумусный сверхмощный легкоглинистый. Опыт заложен в 12 кратной повторности, в котором повторностью было дерево-делянка.

Схема опыта

Вариант 1. Контроль (без применения средств защиты яблони).

Вариант 2. Система защиты яблони, принятая в хозяйстве.

Вариант 3. Система защиты яблони, принятая в хозяйстве на фоне внесения органики в почву сада.

На варианте 3 в качестве органического удобрения использовали торф обогащенный с нейтральной реакцией среды в дозе 10 т/га, периодичность внесения – один раз в 3 года на расстоянии 0,9-1,1 м от штамбов деревьев на глубину 18-20 см.

В работе использовали полевой, лабораторный и статистический методы исследований. Образцы почв для агрохимического анализа отбирали агрохимическим буром после съёма плодов (1 декада октября) по слоям: 0-20, 20-40, 40-60 см. В них определяли содержание гумуса методом Тюрина по ГОСТ 26213-91 [1], рН водной вытяжки по ГОСТ 26423-85 [2], содержание нитратного азота дисульфифеноловым методом, содержание подвижного фосфора и обменного калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО – ГОСТ 26204-91 [3], содержание обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО по ГОСТ 25487-85 [4].

Содержание подвижных соединений бора, марганца, цинка, меди, кадмия и свинца определяли в ацетатно-аммонийном буферном растворе с окончанием на спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 2100 DV [5]. Обеспеченность чернозёма выщелоченного элементами питания определяли по оптимальным уровням, установленным для условий Северного Кавказа и Краснодарского края [6].

Содержание элементов питания в листьях и плодах яблони определяли после мокрого озоления смесью серной и хлорной кислот из одной навески образца на нагревательном блоке ДК 20 с программным профилем температуры: азот – хлораминовым методом по Починку, фосфор – методом Мерфи-Райли с колориметрическим окончанием на фотоколориметре КФК 3, калий – на пламенном спектрофотометре ПФА-354, кальций и магний – комплексонометрическим методом. Содержание валовых форм бора, марганца, меди, цинка, кадмия и свинца определяли из одной навески в пробе, минерализованной в смеси концентрированной азотной кислоты – 8 мл и перекиси водорода – 2 мл в микроволновой системе пробобработки МС-6 с окончанием на спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 2100 DV (НТФ «Вольта» 2003).

Оценку качества питания яблони проводили по оптимальным уровням содержания элементов питания и их соотношений в листьях и плодах яблони [7-10]. Наблюдения за

состоянием, ростом и плодоношением яблони проводили по программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [11]. Товарные качества плодов определяли во время их съёма и после хранения по ГОСТ 21122-75 [12].

Статистическую обработку полученного материала осуществляли с использованием методов дисперсионного и корреляционного анализа с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel 2003.

Обсуждение результатов. Содержание гумуса в 0-60 см слое чернозёма выщелоченного находилось на среднем уровне – 3-3,6 %. Внесение органических удобрений в почву сада явилось основным фактором накопления гумуса и способствовало увеличению его содержания до 3,9-4,0 %.

При отсутствии внешней компенсации уровень содержания нитратного азота и обменных форм калия в почве сада было низким. Даже при внесении органических удобрений в почву сада (вариант 3) в дозе 10 т/га раз в 3 года содержание этих элементов было ниже оптимальных уровней. Обеспеченность фосфором была на оптимальном и стабильном уровне на всех вариантах опыта. Содержание подвижных форм кальция и магния было достаточным и даже превышало оптимальные уровни.

Определено, что содержание подвижного бора в почве зависело от условий увлажнения вегетационного периода. Установлена статистически достоверная отрицательная корреляция содержания подвижного бора от условий увлажнения, $r = - 0,75$. При обильных осадках отмечено резкое снижение содержания этого элемента на всех вариантах опыта в этом слое почвы и зафиксированы только следы ввиду его повышенной подвижности.

Обеспеченность подвижным марганцем почвы сада на всех вариантах опыта находилась в оптимальных пределах (15-30 мг/кг). Наибольшая концентрация подвижного марганца была установлена в 2010 году при более интенсивном увлажнении почвы в осенний период на варианте 2 – 34-35 мг/кг абс. сух. почвы.

В саду яблони обеспеченность чернозема выщелоченного подвижными формами кальция и магния как перед закладкой опыта, так и в годы проведения исследований, была выше оптимального уровня в 2-3 раза. Валовое содержание этих элементов в плодах яблони также было 3-5 раз больше оптимального уровня независимо от варианта опыта.

Установлена статистически достоверная положительная корреляция между содержанием обменного магния в почве сада и накоплением его общих форм в плодах яблони к периоду съемной зрелости ($r=0,86$) (рис. 1). Содержание магния в почве и растениях яблони не зависело от климатических условий и находилось в пределах оптимального уровня или выше на всех вариантах опыта.

Полученные данные свидетельствуют о хорошей обеспеченности почвы и растений яблони кальцием и магнием, которые оказывают существенное влияние на продолжительность сроков хранения плодов.

Яблоки после окончания хранения были хорошего потребительского качества. Результаты исследований показывают, что листовые обработки яблони кальциевыми удобрениями на черноземе выщелоченном в изучаемых условиях нецелесообразны. Некорневые подкормки кальцийсодержащими препаратами для улучшения лежкоспособности плодов яблони необходимо планировать на основании почвенно-лиственной диагностики.

Количество подвижного бора в почве было связано с применением минеральных удобрений и условиями увлажнения вегетационного периода. Известно, что бор может вымываться из почвы фильтрационными водами с током воды при подтоплениях и обильном увлажнении почвы [13]. В 2010 году за счёт выпадения большего объёма осадков за вегетационный период отмечено снижение содержания в почве подвижных форм бора. Установлена статистически достоверная отрицательная корреляция между содержанием бора в почве и количеством осадков за вегетационный период ($r = - 0,73$).

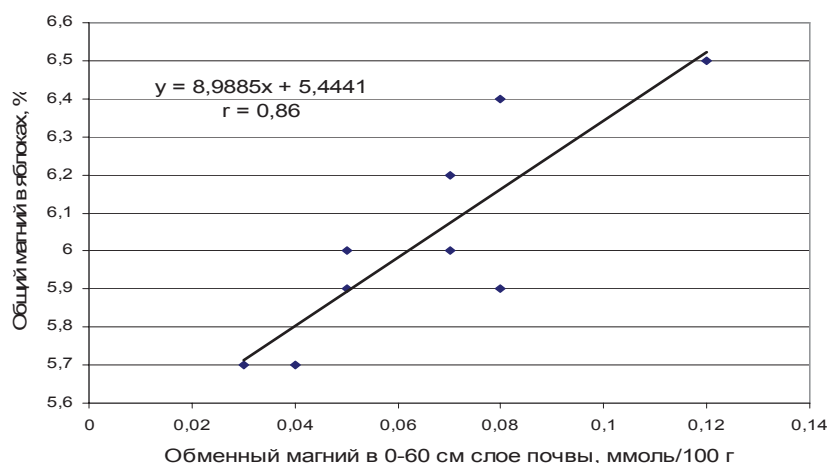


Рис. 1. Зависимость накопления магния в плодах яблони от его содержания в почве сада

В 2010 году при повышении концентрации подвижного бора в почве увеличивалось его содержание в листьях и плодах яблони. При средней и низкой обеспеченности почвы бором в растения яблони поступало примерно равное количество бора в зависимости от варианта опыта. На вариантах с системой защиты яблони уровни содержания его были выше, чем на контроле. Интенсивное потребление бора растениями яблони также было связано со стрессовыми условиями года – высокие температуры воздуха до + 33 °С в период созревания и налива плодов. Эти данные подтверждают гипотезу М. Я. Школьника, что при высокой температуре потребность растений в боре возрастает и может быть связана с усилением активности фермента полифенолоксидазы [14].

Установлена статистически достоверная положительная корреляция между содержанием подвижного бора в почве и содержанием его в листьях ($r = 0,67$) (табл. 1) а также статистически достоверная положительная корреляция между содержанием бора в листьях яблони в период созревания и налива плодов и содержанием его в яблоках в период съёма ($r = 0,85$) (рис. 2).

Таблица 1 – Корреляционная зависимость содержания валовых форм микроэлементов в листьях яблони от содержания их подвижных форм в почве сада, r

Почва	Листья			
	B	Mn	Cu	Zn
B	0,67			
Mn		0,89		
Cu			0,85	
Zn				0,73

При достаточно высокой обеспеченности растений яблони марганцем в яблоках его содержание было низким во все годы исследований. Это связано с аномально жаркими условиями, которые складывались в период созревания и налива плодов в годы проведения исследований (температура воздуха более +28...+35 °С), а особенно в 2010-2011 гг. (+ 31,1...35,3 °С) (коэффициент корреляции равен – 0,64) (рис. 3).

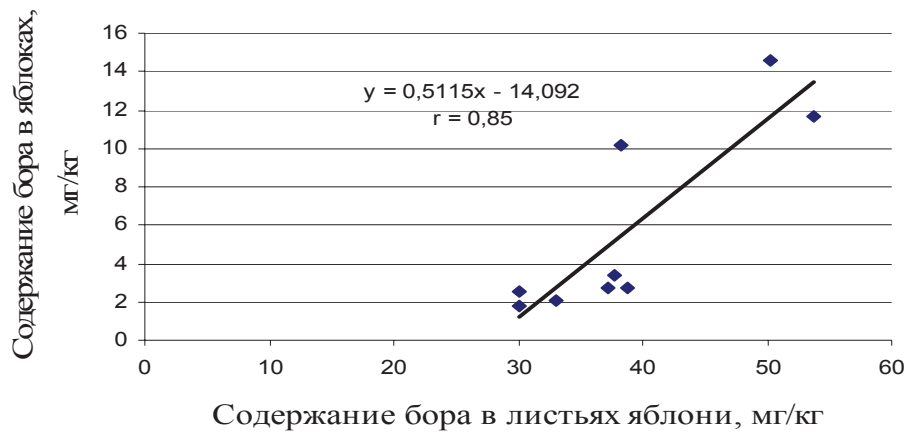


Рис. 2. Зависимость содержания бора в яблоках от его содержания в листьях

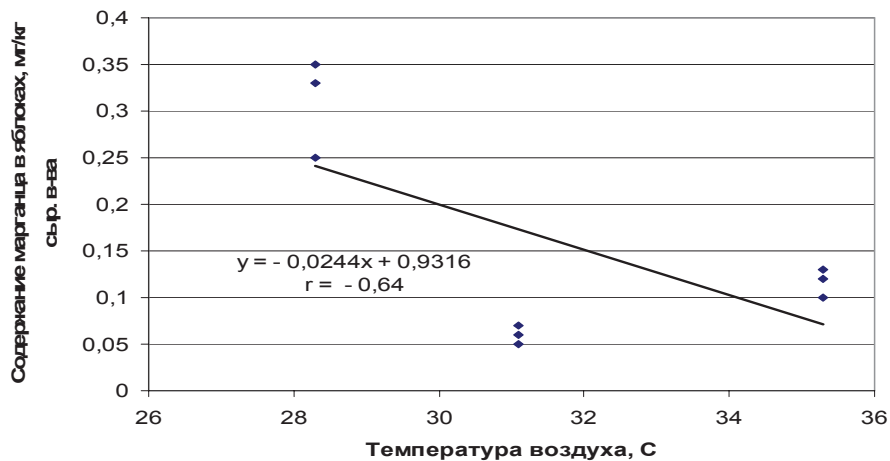


Рис. 3. Зависимость содержания марганца в яблоках от температуры воздуха

В этот период лета большая часть потребляемого деревьями яблони марганца расходовалась на улучшение водного обмена, поддержание фотосинтетических процессов и повышения жаростойкости растений [15]. Поэтому в яблоках его содержание было очень низким, особенно в 2010-2011 гг. Более высокое содержание марганца в системе «почва-растение-плоды» установлено на вариантах с системой защиты яблони, особенно при сочетании системы защиты и внесения органических удобрений в почву сада.

На всех вариантах опыта в 0-40 см слое почвы установлено высокое содержание подвижных соединений меди – 4,4-5,6 мг/кг, превышающее предельно допустимые концентрации в 1,5 - 2 раза. Это связано с использованием медьсодержащих препаратов как в насаждениях предшествующей культуры (виноградник), так и в саду яблони. При исключении из системы защиты яблони медьсодержащих препаратов и в связи с обильными атмосферными осадками отмечено снижение содержания подвижной меди. Уменьшению её содержания в слое 0-40 см на 2 мг/кг почвы способствовало внесение органических удобрений в почву сада. Отмечена достоверная отрицательная корреляция показателей содержания подвижных форм этого элемента и количества гумуса ($r = - 0,7$).

Содержание подвижного цинка на всех вариантах опыта в слое почвы 0-60 см было ниже оптимального уровня, который составляет 2-5 мг/кг. Установлено прямое воздействие пестицидов на содержание подвижного цинка в почве сада. При включении в систему защиты яблони цинксодержащего препарата Полирам ДФ в 2009 г., в 2010 году зафиксировано повышение концентрации подвижного цинка на 2 и 3 вариантах до 1,6-1,8 мг/ кг.

Анализ качества питания яблони позволил установить снижение доли азота по отношению к фосфору и калию на всех вариантах опыта. Содержание кальция в листьях яблони было высоким, поэтому соотношение К+Mg/Ca, которое важно учитывать при закладке плодов на хранение, было ниже оптимального уровня во все годы исследований. В связи с высоким содержанием цинка в листьях яблони показатели соотношения фосфора и цинка также не соответствовали оптимальному уровню (табл. 2).

Таблица 2 – Качество питания яблони сорта Айдаред (2009-2011 гг.)

Вариант	N:P	N:K	N:P:K	K/Mg	K/Mn	$\frac{K+Mg}{Ca}$	P/Zn	Ca/B
2009 г.								
Вариант 1 (К)	7,5	1,3	52:7:41	2,9	319	0,8	99	800
Вариант 2	5,7	1,8	58:10:32	2,4	134	0,7	49	699
Вариант 3	7,2	2,1	62:9:29	1,8	196	0,7	36	867
2010 г.								
Вариант 1 (К)	4,5	1,3	50:11:39	4,0	420	0,7	109	601
Вариант 2	4,6	1,3	50:11:39	5,7	131	0,7	33	409
Вариант 3	5,2	1,4	53:10:37	4,3	116	1,0	44	438
2011 г.								
Вариант 1 (К)	5,9	1,2	50:9:41	4,1	350	0,8	121	617
Вариант 2	5,2	1,2	50:10:40	4,0	350	0,8	133	594
Вариант 3	5,2	1,2	50:10:40	3,9	237	0,7	275	637
Оптимальное соотношение элементов в листьях	9-12	1,5-2,3	58-61:5-6:34-36	3,5-5	107-275	1-2	70-100	400-520

При повышении концентрации подвижного бора в почве увеличивалось его содержание в листьях до 50-55 мг/кг сух. в-ва, в плодах яблони – до 10-15 мг/кг сыр. в-ва. На вариантах с применением пестицидов уровни содержания его были на 12-15 мг/кг сух. в-ва. выше, чем на контроле.

Интенсивное потребление бора растениями яблони в 2010 г. было связано со стрессовыми условиями года – высокой температурой воздуха до +33 °С в период созревания и налива плодов. Более высокий уровень содержания марганца в системе «почва-листья-плоды» агроценоза яблони установлен на фоне применения системы защиты яблони, особенно при сочетании с внесением органических удобрений в почву. Повышение концентрации подвижного марганца в почве сада в 2010 г. способствовало усилению его поступления в листья яблони. Установлена высокая положительная корреляция содержания общих форм марганца в листьях и содержания подвижного марганца в почве сада ($r = 0,89$).

Установлена статистически достоверная положительная корреляция содержания меди в листьях яблони и концентрации подвижной меди в почве сада, выражаемая уравнением:

$$y = 3,2904x - 0,9614, r = 0,85.$$

Наибольшее содержание меди в листьях яблони было, когда концентрация её подвижных форм в почве сада была самой высокой по всем вариантам опыта.

Накопление цинка в листьях яблони в период созревания и налива плодов в основном зависело от интенсивности применения средств защиты яблони. Высокое его содержание в листьях связано с включением в систему защиты яблони цинксодержащего препарата Полирам ДФ и его последствием.

Выводы. Поступление макро- и микроэлементов в растения яблони в условиях интенсивных технологий возделывания зависит от их содержания в почве, от количества осадков за вегетационный период и температуры воздуха, что подтверждают установленные статистически достоверные взаимосвязи. Поступление в растения яблони (листья и плоды) таких элементов, как медь и цинк, зависит от обработок медь- и цинксодержащими препаратами защиты яблони.

Литература

1. ГОСТ 26423-85 Почвы. Метод определения содержания гумуса методом Тюрина. Введен 01.07.1985. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 4 с.
2. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. Введен 08.02.1985. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985.- 7 с.
3. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Введен 01.07.1993. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 6 с.
4. ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. Введен 01.07.86. М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. – 13 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М., 1992. – 61 с.
6. Чундокова, А.А. Удобрение садов. Рекомендации / А.А. Чундокова, Н.Г. Пестова. – Краснодар, 1990. – 16 с.
7. Церлинг, В.В. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур / В.В. Церлинг, Л.В. Егорова. – М.: Колос, 1980.– 47 с.
8. Гудковский, В.А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов и винограда при хранении/ В.А.Гудковский.– Мичуринск, 1990.–119 с.
9. Причко, Т.Г. Снижение развития ямчатости на основе оптимизации минерального состава яблок / Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства (Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию со дня образования Государственного научного учреждения Северокавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства).– Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011.– С. 321-327.
10. Bergman, W. Color atlas nutritional disorders of plants: visual and analytical diagnosis /W. Bergman/Jena; Stuttgart; New York: Fischer, 1992. – 386 p.
11. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур/ Е.Н. Серов, Т.П. Огольцова.- Орел: ВНИИСПК, 1999.- 608 с.
12. ГОСТ 21122-75 Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия. Введен 01.07.76. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1976. – 9 с.
13. Шеуджен, А.Х. Агробиохимия, 2-е изд., перераб. доп. / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Куб ГАУ, 2010. – 877 с.
14. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
15. Корсунова, М.И. Биохимия и агрохимия микроэлементов на Кубани / М.И. Корсунова. – Краснодар: КГАУ, 2006.– 232 с.