

УДК 633.162:631.8

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ПИВОВАРЕННЫХ СОРТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРА РОСТА И ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Мусаев Ф.А., Захарова О.А.

ВПО ФГБОУ «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Рязань, e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

Качество зерна пивоваренного ячменя зависит от многих факторов, в первую очередь, от погодных условий вегетативного периода. Улучшить условия произрастания и ускорить наступление фенологических фаз, а, следовательно, снизить лимитирующее действие погодных условий возможно при обработке семян регуляторами роста и оптимизации минерального питания.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, регуляторы роста, минеральные удобрения, морфофизиологическое развитие, конус нарастания

MORPHO-PHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT OF MALTING BARLEY WHILE USING GROWTH REGULATOR AND OPTIMIZING INORGANIC NUTRITION

Musaev F.A., Zaharova O.A.

FSBEI HPE «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev», Ryazan, e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

The quality of malting barley grain depends on many factors, primarily on weather parameters during the vegetative period. It is possible to improve the growth conditions and speed up phenological phases' appearance and as a result to cut the limiting effect of weather parameters when treating the seeds with growth regulators and optimizing inorganic nutrition.

Keywords: malting barley, growth regulators, mineral fertilizers, morpho-physiological development, growth apex

Ячмень занимает четвертое место (после пшеницы, риса и кукурузы) в мире по посевной площади. В России в 2013 г. его выращивали на площади до 9 млн га. По данным Федеральной службы государственной статистики России, валовой сбор ярового ячменя в 2010 г. составил 6683,5 тыс. тонн. Значительное количество ячменя является сырьем для пивоваренной промышленности, в связи с чем к зерну предъявляются особые требования. Основным сырьем для получения пива является ячменный солод, то есть зерно, пророщенное до определенной степени и затем просушенное. Качество ячменя влияет на качество пива [6]. В соответствии с ГОСТом 5060-86 Ячмень пивоваренный. Технические условия [2], в Рязанской области погодные условия позволяют получать высококачественные семена пивоваренного ячменя. Сотрудниками Рязанского НИПТИ АПК [2] на основе многолетних исследований выделены районы с наиболее благоприятными почвенно-климатическими условиями, в которые входит и Захаровский район Рязанской области, на территории которого функционирует ЗАО «Победа» на выщелочном черноземе среднего уровня плодородия. В хозяйстве выращивается ячмень пивоваренных сортов Аннабель, Московский 2, Данута, однако качество зерна отвечает требованиям пивоваренного концерна лишь в отдельные годы с благоприятными

погодными условиями. По Рязанской области в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2007 год, включены сорта пивоваренного ячменя, которые используются в хозяйстве.

Вегетационный период ячменя сравнительно короткий и растения особенно нуждаются в легкодоступных питательных веществах в начальный период роста; уже через три недели после появления всходов они накапливают почти половину потребного им за весь вегетационный период фосфора, около трех четвертей калия и значительная часть азота [1, 7]. Недостаток в начальный период роста и развития хотя бы одного из элементов питания приводит к значительному недобору урожая. Приток питательных веществ у растений ячменя прекращается в конце восковой спелости [1]. Обычно дозы удобрений под пивоваренный ячмень рассчитывают на определенный планируемый урожай с учетом запасов питательных веществ в почве. Примерные дозы (д.в.) удобрений под пивоваренный ячмень: на черноземах при размещении пивоваренного ячменя после пропашных азотные удобрения или совсем исключают, или дают их в небольших дозах под предпосевную обработку, иначе содержание белка в зерне может превысить допустимые 12%.

Из литературных данных [1, 5] известно, что на выщелоченных черноземах, где

влаги меньше, снижается и положительное действие азотных удобрений. В то же время в пивоваренном ячмене важны высокое содержание крахмала и выход экстракта, что может быть обеспечено на хорошем фосфорнокалийном фоне, повышенное азотное питание такого ячменя ухудшает его пивоваренные качества. Ячмень больше всего нуждается в азоте в период от начала кущения до выхода в трубку. В это время идет развитие побегов кущения, ассимилирующего аппарата и формирование колоса. Фосфор необходим ячменю в течение всего периода жизни растений, так как входит в состав многих органических и минеральных соединений. Оптимальная обеспеченность молодых растений фосфором способствует хорошему развитию корневой системы и заложению крупного колоса, недостаток – задерживает рост и развитие растений, ослабляет их устойчивость к болезням. Он регулирует водный и азотный обмен, повышает засухоустойчивость и устойчивость к полеганию, ускоряет созревание зерна. Наибольшее количество калия ячмень потребляет в первый период роста. Калийные удобрения в большинстве случаев эффективны только при одновременном внесении азотных и фосфорных удобрений. Одностороннее их использование нецелесообразно. Получение пивоваренного ячменя — дело непростое и к основным рискам относят погодные условия [2].

Цель исследования

Цель исследований – оценка морфофизиологического развития растений ячменя пивоваренных сортов Аннабель и Данута при обработке семян регуляторами роста и без нее на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ (традиционный) и $N_{60}P_{60}K_{120}$ (экологически обоснованный для пивоваренных сортов).

Материалы и методы исследования

В ЗАО «Победа» Захаровского района Рязанской области был проведен мелкоделяночный полевой опыт. С целью сравнения происходящих изменений были взяты два сорта Аннабель и Данута. Сорт ячменя Московский 2 вследствие возможного полегания посевов не рассматривался. В опыте использовались варианты в трехкратной повторности:

- контроль 1 – без обработки семян сорта Аннабель регулятором роста при традиционном уровне минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$,
- вариант 1 – обработка семян сорта Аннабель регулятором роста Эпин-экстра при традиционном уровне минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$ в хозяйстве,
- вариант 2 – обработка семян сорта Аннабель регулятором роста Эпин-экстра при уровне минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$ (рисунок 1),
- контроль 3 – без обработки семян сорта Аннабель регулятором роста при уровне минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$,

- контроль 2 – без обработки семян сорта Данута регулятором роста при традиционном уровне минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$,

- вариант 4 – обработка семян сорта Данута регулятором роста Эпин-экстра при традиционном уровне минерального питания $N_{90}P_{90}K_{90}$ в хозяйстве,

- вариант 5 – обработка семян сорта Данута регулятором роста Эпин-экстра при уровне минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$,

- вариант 6 – без обработки семян сорта Данута регулятором роста при уровне минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$.

Площадь делянки 5 м². Размещение вариантов рендомизированное (случайное). Почва – чернозем выщелоченный. Предшественник – картофель, без внесения под него органических удобрений. Агротехника в хозяйстве принятая для региона. Посев ячменя в опыте проводился вручную, с раскладкой зерен в посевных рядках, соответствующих норме высева 4,5 млн семян на 1 гектар.

Расчет доз удобрений был произведен по результатам агрохимического обследования чернозема выщелоченного ЗАО «Победа».



Рис. 1. Внешний вид растений ячменя на варианте 2

Физиологические исследования выполнены в соответствии с методиками, изложенными в Практикумах по растениеводству [5] и физиологии растений [7]. Регулятор роста Эпин-экстра выбран авторами из большого многообразия регуляторов на основе проведенного лабораторного опыта в 2013 году на кафедре агрохимии, почвоведения и физиологии растений РГАУ [4]. Морфофизиологические исследования растений проведены в фазу кущения – начала трубкования. Эти фазы очень важны с физиологической точки зрения, так как именно на этом этапе органогенеза закладываются и начинают формироваться регенеративные органы, от чего зависит величина будущего урожая. Начало и полная фаза для большей точности выбирались по 10 растений на делянке, определялось вступление их в фазу развития [1].

Статистическая обработка выполнена по методике Б.А. Доспехова [3].

Изменяющиеся климатические условия в годы проведения опытов оказали решающее влияние на развитие растений ячменя. Погодные условия 2013 года были близки к среднегодовым показателям. В апреле температура воздуха к 10 числу – сроку сева ячменя пивоваренного – прогрелась до 5,6°С и возросла к 20 апреля до 18,5°С,

в последующие дни резко снизилась до 6°C, к концу месяца была не выше 10°C. 1/3 дней апреля была солнечной. Выпало осадков до 52 мм. С 5 по 10 мая температура воздуха резко возросла с 18 до 29°C и в среднем за месяц составила 23°C. Солнечных дней было 63%. В мае выпало 39 мм осадков. В июне с 1 по 10 число температура воздуха резко возросла на 10°C и составила 35°C, но в последующие дни июня была 22–23°C. В среднем за месяц теплообеспеченность составила 22,9°C. Солнечных дней было 57%. Выпало 68,5 мм осадков. Июль был близок к среднемуголетним данным; средняя температура воздуха составила в этом месяце 23,8°C, но были резкие колебания до 32°C и 15°C. 65% дней месяца были солнечные. Влагообеспеченность была на уровне 73 мм. Август был теплым и сухим. Так, средняя температура месяца составила 28°C с такими же колебаниями в отдельные дни, как в июне. 61% дней были солнечные. Осадков выпало до 66 мм. Весна 2013 года была благоприятной и позволила отсеяться в срок – с 12 по 18 апреля. В то же время, резкое снижение температуры в конце апреля оказало негативное влияние на процесс прорастания семян на контрольных вариантах. Период от посева до полных всходов составил в среднем 20 дней, но на вариантах 2 и 5 этот срок составил 18 дней. Однако высокие посевные качества семян ячменя позволили показать хорошую полевую всхожесть, по сортам Аннабель и Данута она составила 95 и 93% соответственно. В фазы кущения и выхода в трубку наблюдался резкий подъем температуры, что вызвало

определенные нарушения в развитии растений и их органогенезе. Известно, что формирование продуктивности растений ячменя в значительной мере зависит от климатических условий в период от начала кущения до колошения, и в меньшей мере, от колошения до восковой спелости.

Результаты исследования и их обсуждение

Рост и развитие растений в большой степени зависит от естественных условий (почвенных, погодных, гидрологических и др.) и от хозяйственной деятельности человека. Выбор одного какого-либо приоритетного фактора влияния на морфофизиологию растений является субъективным моментом. Объект исследований – растения ячменя пивоваренных сортов – расположен в соответствии с геоботаническим районированием в лесной зоне, подзоне широколиственных лесов, Окско-Рановского округа, Рязанско-Пронского района широколиственных лесов (рис. 2). Рязанско-Пронский район широколиственных лесов занимает средневысотную территорию восточного склона Среднерусской возвышенности от границ с Московской областью до р. Проня на востоке и юге.

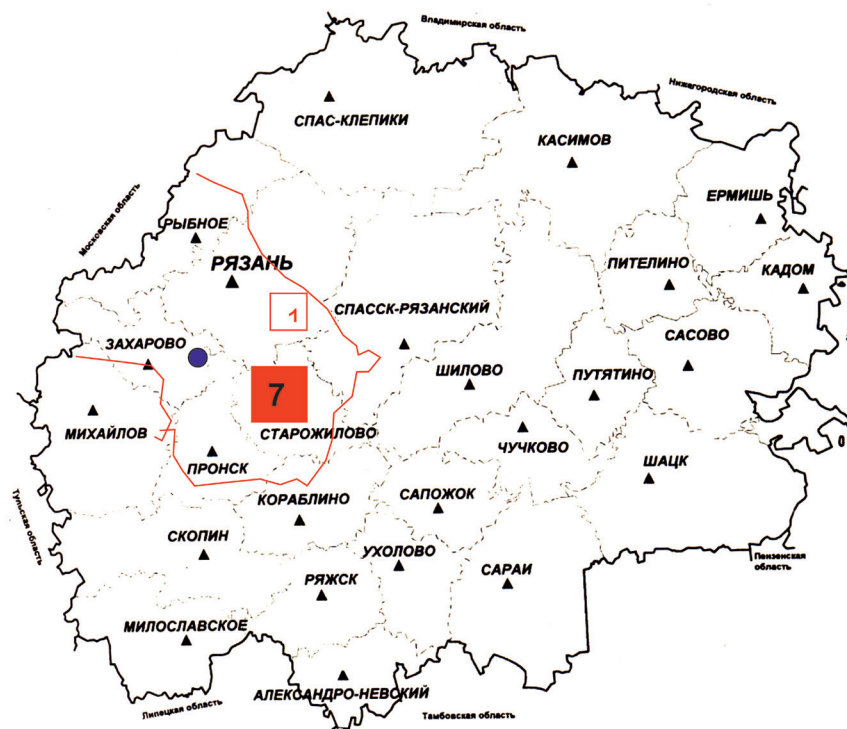


Рис. 2. Геоботаническое районирование Рязанской области (М 1:1800000):
Граница геоботанического района,
1 – Лесная зона Подзона широколиственных лесов Окско-Рановский округ,
7 – Рязанско-Пронский район широколиственных лесов,
● – месторасположение хозяйства

Наибольшие изменения отмечены у растений пивоваренного ячменя сортов Аннабель и Данута при обработке семян регулятором роста при уровне минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$, то есть на вариантах 2 и 5, поэтому в статье приводится сравнительная характеристика по этим вариантам опыта.

Результаты мелкоделяночного полевого опыта показали, что рано образующиеся побеги кушения, которые ко времени полного кушения имеют не менее трех листьев, могут оказаться продуктивными. Боковые побеги, которые в фазе полного кушения имеют 1–2 листа, колоса не образуют. Из 10 исследуемых растения в момент полного кушения образовалось 9 боковых побегов первого порядка, имевших к тому времени по 3–5 листьев, и 28 побегов второго и третьего порядка, имевших по 1–2 листа. Ко времени полной спелости из побегов первого порядка образовались озерненные колосья лишь у 4 стеблей, или у 38%, а у побегов второго и третьего порядка не образовалось ни одного озерненного колоса, и задолго до наступления спелости они засохли. Недоразвитость колоса у побегов кушения второго, третьего и последующих порядков обуславливается в первую очередь тем, что у них все этапы органогенеза оказываются более короткими, чем у главного побега. Чем выше по стеблю расположен побег кушения, то есть чем позже он образуется, тем меньше формируется метамерных органов [6].

Если рассматривать обильно раскустившееся растение ячменя в целом, то разновозрастные его побеги (главный и боковые), будучи в разном физиологическом состоянии, оказываются под действием одинаковых условий внешней среды. Поэтому у главного и боковых побегов одни и те же этапы органогенеза проходят в разных условиях, в первую очередь температуры. Естественно, что даже нормально развитые побеги, но формирующие свои органы при более высокой температуре, меньших запасах почвенной влаги и питательных веществ, оказываются слаборазвитыми или совсем недоразвитыми. И все же растения с такими недоразвитыми побегами кушения в опыте не снижали зерновую продуктивность.

При определении качества семян сортов Аннабель и Данута была установлена их чистота визуально и взвешиванием примесей (камешки, комки земли и пр.). Чистота семян – важное качество, так как сор является балластом в семенном материале и понижает процент чистых семян, ухудшая их сохранность и вызывая засорение поля при посеве, а, следовательно, количественное

и качественное понижение урожая. Чистота семян определяется как процент семян основной культуры по отношению к семенам с находящимися в них примесями. Она составила у семян сорта Аннабель 0,10% и Данута – 0,13%.

Рост растений в длину и толщину вследствие деления клеток и их дифференциации обуславливает меристема, появляющаяся в самом начале роста проростка из клеток зародыша в виде конуса нарастания [1]. Т.А. Красносельская-Максимова отмечала, что «...конус нарастания довольно быстро начинает вытягиваться и приобретает несколько удлинненную форму, на нем с боков закладываются листовые бугры, и сам он постепенно приподнимается» [5]. Исследования конуса нарастания у растений ячменя проводились по методике, изложенной в [5], в лаборатории кафедры агрохимии, почвоведения и физиологии растений ФГБОУ ВПО РГАУ. Для исследования отбирались по 10 семян ячменя пивоваренных сортов Аннабель и Данута и использовались варианты в трехкратной повторности:

- вариант 1 – семена сорта Аннабель без обработки регулятором роста,
- вариант 2 – семена сорта Аннабель с обработкой регулятором роста Эпин-экстра,
- вариант 3 – семена сорта Данута без обработки регулятором роста,
- вариант 4 – семена сорта Данута с обработкой регулятором роста Эпин-экстра.

В воде (вариант 1) и растворе регулятора роста (вариант 2) замачивались семена обоих сортов в течение 2 часов, проращивались в термостате и высевались в сосуды, освещенные электрической лампой, подвешенной на 30 см над сосудами. Сосуды отгораживались листами ватмана. Конус нарастания исследовался через 10 дней, так как в это время он отчетливо виден под микроскопом.

В результате обработки семян ячменя регулятором роста наблюдалось ускорение развития растений. В процессе микроскопирования определено, что конус нарастания на вариантах 2 и 4 – обработка семян регулятором роста Эпин-экстра – дифференцирован сильнее, а у растений на вариантах 1 и 3 – без обработки регулятором роста – слабо, что отображено на рис. 3, причем лучше реагировали на обработку регулятором роста семена сорта Аннабель.

При микроскопировании выявлено, что на варианте 2 насчитано 36 колосковых бугорков, на варианте 5–34, цветочных бугорков – 21 и 19 соответственно. У растений в эту фазу развития полностью сформировались покровные чешуйки колосков, формируется околоцветник (рис. 4).

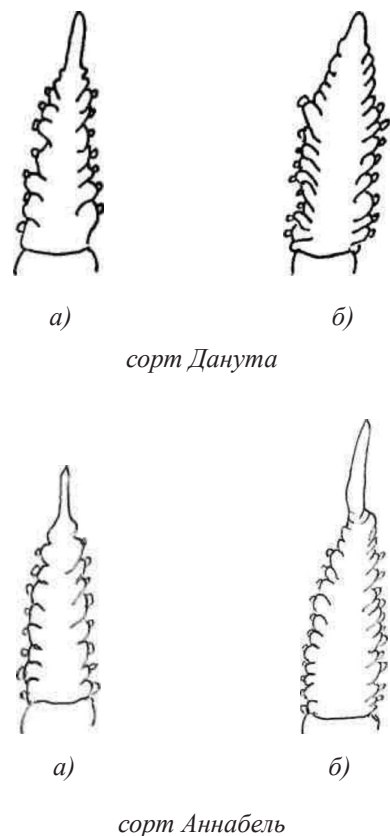


Рис. 3. Дифференциация конуса нарастания у растений ячменя без обработки (а) и с обработкой семян регулятором роста Этин-экстра (б)

Визуально длина колоса на варианте 5 меньше, чем на варианте 2, что свидетельствует о большей эффективности регулятора роста на сорте Аннабель.

Поперечный разрез стебля показал, что у растений на варианте 2 хорошо развита ксилемная часть, клетки паренхимы крупные, крахмалоносный слой широкий, склеренхима мощная, с утолщенными стенками, что говорит об устойчивости растения к полеганию. В поле зрения наблюдаются в среднем 6 проводящих пучков (от 5 до 7).

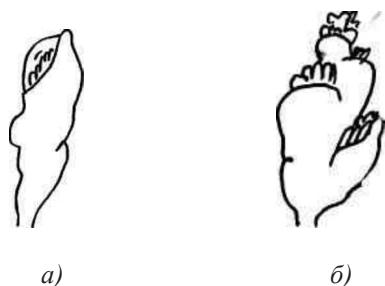


Рис. 4. Этапы органогенеза ячменя сорта Аннабель на контроле 1 (а) и варианте 2

На варианте 5 клетки более мелкие, крахмалоносный слой узкий, склеренхима

развита слабее, в поле зрения обнаружено в среднем 5 проводящих пучков (от 5 до 6).

По результатам биометрических измерений растений в мелкоделяночном опыте отмечено, что на контроле 1 и контроле 2 средний рост растений составил 23,0 и 20,2 см соответственно, максимальный рост отмечен на варианте 2 – при обработке семян сорта Аннабель регулятором роста – 40,1 см, то есть растения были выше почти в 2 раза контрольных, на варианте 5 – при обработке семян сорта Данута регулятором роста – 36,3 см.

Рост какого-либо одного органа, например стебля, не всегда оказывает прямое влияние на рост других – листьев. Однако в данном опыте наблюдалась прямая зависимость роста стебля и листьев. Самый длинный лист в фазу кущения отмечен у растений ячменя сорта Аннабель на варианте 2–26 см шириной 1,6 см, а самый короткий – 6,0 см шириной 0,1 см. В среднем длина листа составила 10,9 см и ширина 0,54 см.

На других вариантах опыта длина и ширина листьев была в пределах 5...12 см и 1,0...0,1 см.

Было различным и количество листьев на одном растении по вариантам опыта: в среднем 8 и 6 штук соответственно.

Площадь листовой поверхности (всех листьев) на одном растении ячменя сорта Аннабель на варианте 2 в среднем составила 35 см² (площадь одного листа колебалась в зависимости от длины и ширины от 0,59 до 8,78 см²). На варианте 5 (сорт Данута) площадь листовой поверхности одного растения равна в среднем 17,4 см² (площадь листа колебалась от 0,52 до 5,23 см²).

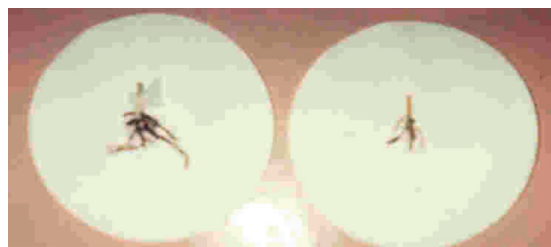


Рис. 5. Корневая система ячменя в фазу кущения на вариантах 2 и контроль 1

Масса одного растения на варианте 2 была больше массы одного контрольного растения на 3,795 г, или на 36%. На варианте 2 корневая система растений визуально была более мощной, чем у растений на контроле 1 (рис. 5).

В фазу кущения-выхода в трубку были отобраны по 10 растений на всех вариантах мелкоделяночного полевого опыта.

На других вариантах мелкоделяночного полевого опыта изменения были в меньших

величинах или слабо отличались от контрольных растений.

Выводы

При выращивании растений ячменя пивоваренных сортов важно их развитие на ранних этапах органогенеза, что позволяет им укрепиться в почве и стойко переносить изменения погоды. Обработка семян ячменя пивоваренных сортов Аннабель и Данута регулятором роста Эпин-экстра при оптимизации минерального питания $N_{60}P_{65}K_{110}$ ускоряет развитие конуса нарастания за счет активизации деления клеток и их дифференциации, что, как следствие, оказывает влияние на последующее развитие растений, улучшает их морфофизиологическое развитие, увеличивает количество колосковых и цветочных бугорков, ведет к положительным изменениям во внутренней структуре стебля. В опыте наиболее

максимальный эффект был отмечен у растений сорта Аннабель.

Список литературы

1. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. и др. Растениеводство. – М.: В.О. Агропромиздат. – 1986. – С. 84–912.
2. Головин В.В., Артемьева Е.А., Левакова О.В. Инновационная технология выращивания ярового ячменя на пивоваренные цели с использованием современных и перспективных сортов. – Рязань: Управление сельского хозяйства Рязанской области, ГУ Рязанский НИПТИ АПК, 2007. – 41 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1985. – 250 с.
4. Захарова О.А., Пономарева Ю.Н. Водопоступление в семена ячменя при использовании регуляторов роста // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: Материалы XVII Международной научно-практической конференции 6.12.2013. – Рязань, РИУП, 2014. – С. 319–322.
5. Майсурия Н.А. Практикум по растениеводству. – М.: Клод, 1970. – С. 27–28.
6. Тихонова Т.А. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания ярового ячменя. – М.: Агропромиздат. – 1987. – С. 5–50
7. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 2005. – 640 с.