

УДК 633/635:633.11+631.524.84

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЭКОЛОГО-ПРОДУКЦИОННЫЙ БАЛАНС АГРОЭКОСИСТЕМ: СНИЖЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ФИТОСАНИТАРНАЯ ДЕСТАБИЛИЗАЦИЯ

В.Г. Иващенко, В.А. Павлюшин

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Проведен ретроспективный анализ роста продуктивности пшеницы в процессе интенсификации методов отбора создаваемых короткостебельных сортов и её перспектив в селекционных учреждениях России и зарубежных стран. Используются изложенные в открытой печати экспериментальные материалы исследователей, обзорные материалы, статистические данные и материалы собственных исследований. При переводе различного исходного материала на генетическую основу Rht 1 и Rht 2 в большинстве стран достигнуто сходное увеличение уборочного индекса (УИ), и обсуждены причины замедления его роста, определен физиологический предел, и пути возможного увеличения интенсивности фотосинтеза. Описаны последствия преимущественно химико-техногенной интенсификации растениеводства и эколого-продукционный дисбаланс агроэкосистем, обусловленный: уменьшением доли стебля в биомассе растений и прогрессирующим уменьшением возможности пополнения запасов гумуса при ежегодном выведении из участия в циклических процессах трансформации 10–15% соломы. Дефицит элементов питания лишь частично восполняется внесением минеральных удобрений (от 15 до 38% от выносимых с урожаем), которые служат для удовлетворения лишь текущих потребностей роста и развития растений. Значительная часть из них – азотные, не участвующие в процессах трансформации органического вещества (= образования гумуса), и даже усиливающие использование растениями гуминовых веществ. Ослабление основной функциональной роли гумуса – регуляции устойчивости агроэкосистем к абио- и биотическим факторам, одним из механизмов которой является отторжение – возврат части органического вещества в пределах круговорота, обусловило снижение супрессивности почв. Первичным, как бы средоистощающим фактором в интенсивной технологии стал сорт, с генетически закрепленной способностью на высокий репродуктивный потенциал, вторичным – технологическое сопровождение, рассчитанное на максимальный урожай и рентабельность, без учета цены снижения плодородия почв, состояния их здоровья и восполнимости как природного ресурса. Изменение технологии, сортов и законодательно закрепленной структура расчета рентабельности ограничат возможности безвозмездного использования пахотных земель РФ.

Ключевые слова: селекция пшеницы, короткостебельные сорта, уборочный индекс, продуктивность фотосинтеза, гумус и дегумификация почв, перспективы повышения урожайности.

Пшеница – одна из самых многозначных сельскохозяйственных культур мира, роль пшеничных продуктов в потребительской корзине населения мира возрастает. Урожайность хлебных зерновых культур сильно колеблется (в ц/га): например, урожай риса в Индии – 17–20, Японии – более 50, Испании – 58–62. А урожайность пшеницы в Индии – 11–12, Германии – 35–37, США – 20–21. В Российской Федерации урожайность зерновых культур с 1985 по 2010 г. изменялась в следующих пределах: озимая пшеница от 11.6 до 19.2 ц/га; яровая – 16.1–33.7 ц/га. Средняя урожайность озимой пшеницы в России 2.9 т/га, а возделываемой по интенсивной технологии – 6 т/га. [<https://www.agroxxi.ru/ovoschnye/ovoschnye-tehnologija-vozdelyvaniya/urozhain>].

За последнее десятилетие все страны мира пережили несколько продовольственных кризисов. В период 2005–2009 г. пшеница и кукуруза подорожали втрое, а рис – в пять раз. В 2008 г. цены на продукты питания вновь резко увеличились и вызвали голодные бунты от Гаити до Бангладеш. На тот момент число голодающих в мире уже превысило 1 млрд. человек. Несмотря на высокий урожай 2009 г. в 2010 году общемировые цены на зерно выросли почти на 80%. В 2012 г. цены на зерновые продукты стремительно выросли и превысили уровень 2010 г. [Файзуллоев, scienceforum.ru/2015/pdfscience/17489.pdf].

В июле 2002 г., состоялся очередной саммит Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО). На нем было признано, что мировое сообщество проигрывает битву с голодом. На фоне сокращения посевных площадей в мире под зерновыми (с 0.3 до 0.11 га/чел.)

и производства зерна на душу населения (с 0.34 до 0.27 т) Россия получает шанс стать крупным экспортером продовольственного зерна. Проблема увеличения экспорта зерна требует серьезного государственного участия. При выходе на мировой рынок необходим комплексный подход к проблемам повышения качества зерна путем улучшения семенного материала (в настоящее время примерно 30% – это семена массовых репродукций), усиления борьбы с болезнями зерновых (фузариозом и микотоксикозами), принятия мер, не приводящих к потере конкурентоспособности на мировом рынке зерна с низким содержанием белка [Ларионов, 2015].

В публикациях последнего времени, посвященных отечественной сельскохозяйственной науке, экономическому состоянию сельхозпроизводства и другим его аспектам, высказывается мнение, что “отечественная сельхознаука в её нынешнем состоянии не способна предложить решение проблемы продовольственной безопасности”. В то же время, “согласно долгосрочной стратегии МСХ о развитии зернового комплекса России до 2030-го года, наша страна должна довести сбор зерна до 130 млн тонн. Для достижения поставленных целей, как считает министр сельского хозяйства РФ А.Н. Ткачев, “необходимо активнее использовать в сельском хозяйстве удобрения. Мы должны увеличить применение удобрений в три раза” [<http://vlasti.net/news/255603>].

Данный обзор – попытка анализа возможностей значительного увеличения в ближайшие 2 десятилетия продуктивности сортов пшеницы в условиях глобального изменения климата, неопределенности адаптивного по-

тенциала сортов, нестабильности валовых сборов зерна и его надлежащего качества.

Прошедшие 60–70 лет отмечены интенсивными исследованиями проблемы увеличения урожайности пшеницы. Во многих регионах мира как в развитых, так и в развивающихся странах произошёл резкий прирост урожая. Один из самых значительных прорывов в этом направлении произошел благодаря внедрению в 1960-х годах Н.Д. Борлоугом и его коллегами генов карликовости Rht 1 и Rht 2. Это привело к «Зеленой революции», особенно на Индийском полуострове [Раджарам, Браун, 2006].

Как отмечают в обзорной статье В.В. Пыльнев и Е.В. Пыльнева [2001] «Зеленая революция» не обошла и страны СНГ, в чем большая заслуга принадлежит академику П.П. Лукьяненко. В результате селекционной работы на Северном Кавказе к началу 70-х годов урожайность озимой пшеницы увеличилась на 34.3 ц/га по сравнению с местными сортами, а за столетний период (1901–1930 и 2002–2003 гг. в условиях Кубани средняя урожайность озимой пшеницы с 37.8 ц/га (сорта Седоуска и Кособрюховка) возросла до 82.1 ц/га (Красота, Селянка, Батько и др), то есть более чем в два раза, с ежегодным приростом урожайности – 0.61 ц/га. При этом 50% прироста обеспечило совершенствование технологий выращивания озимой пшеницы. В 2 раза возросла в послевоенные годы урожайность озимой пшеницы на Дону, в 1.6 раза – в причерноморской степи Украины за 75-летний период. Созданные низкорослые полукарликовые сорта, были устойчивы к полеганию, способны использовать большие дозы удобрений и эффективнее расходовать элементы питания на образование тонны зерна.

Важнейшим показателем, связанным с увеличением урожайности зерновых культур в 20 веке [Sinclair, 1998], стал уборочный индекс (УИ), как отношение массы зерна к надземной биомассе растения в пересчете на абсолютно сухое вещество (=Кхоз, %), и относительный вынос азота с урожаем зерна – отношение выноса азота зерном к выносу азота надземной биомассой – важных показателей оценки эффективности продукционного процесса у сельскохозяйственных культур. Согласно экспертным оценкам, УИ увеличился: у пшеницы с 0.35 до 0.50 (за период 1908–1980 гг.); у ячменя – с 0.36 до 0.48 (1930–1989 гг.); у риса он резко возрос в связи с переводом сортов на генетическую основу короткостебельности, с 0.30 до 0.50; у кукурузы меньше – с 0.45 до 0.50 (1930–1989 гг.). Повышение УИ привело к тому, что на формирование хозяйственно полезных органов у озимой и яровой пшеницы расходуется свыше 30% ассимилятов, ячменя – 51, сахарной свеклы – 63, картофеля – 81% [Жученко, 1988].

Анализ истории сортосмен более, чем за полвека свидетельствует о достижении роста урожая озимой пшеницы исключительно путем перераспределения ассимилятов без изменения генетического сдвига по урожаю биомассы – показателя, находящегося под давлением отбора. При этом наблюдается увеличение УИ и снижение высоты растений, а в неблагоприятных условиях – более сильное уменьшение биомассы у сортов с высоким уборочным индексом [Лэмб, 1980].

Оценки значения сорта в повышении урожайности значительно различаются: от 15% до 59% (у новых сортов), при этом отмечается, что старые сорта имели более высо-

кий уровень взаимодействия генотип-среда, а современные более отзывчивы на лучшие предшественники и высокий агрофон. Большинство исследователей считают, что основным источником повышения урожайности новых сортов является увеличение УИ от 35 до 50%.

Значительное увеличение УИ в XX веке, стало возможным после установления взаимодействия процессов накопления азота и ростом УИ, то есть вклада азота в УИ (отношение азота накопленного в зерне к азоту в целом растении). Показано, что простая добавка азота в питание современным сортам приводила в целом к снижению УИ вследствие увеличения вегетативной массы неадаптированных растений. Переориентация на отбор сортов, способных накапливать и более эффективно перемещать азот в зерновку и привела к постепенному увеличению УИ [Sinclair, 1998]. То есть высокий потенциал продуктивности сортов интенсивного типа обеспечивался сбалансированным питанием, прежде всего по азоту.

Укорочение стебля решило проблему полегания растений, но обострило проблему борьбы с сорными растениями и приблизило колос к источникам почвенной и напочвенной инфекции, а изменение соотношения зерно – солома потребовало более длительного периода накопления ассимилятов в зерновках. Возросла отзывчивость сортов на факторы интенсификации вследствие селекционного отбора по отзывчивости на азот. Удовлетворение потребности в повышенных дозах азотных удобрений, особенно нитратов, способствовало удлинению периода вегетации растений, в том числе и периода восприимчивости к возбудителям фузариоза колоса [Иващенко, Шипилова, 2004] и болезней листьев.

С учетом опыта европейских стран (дифференцированный подход применения гербицидов, удобрений, пестицидов) в 1985 г. в СССР началось широкомасштабное внедрение интенсивных и высокоинтенсивных технологий возделывания пшеницы, ячменя и овса и других культур, что потребовало значительного увеличения внесения органических и минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Если первоначально (1986–1990 гг.) их вносилось 3.7 т/га и 99 кг/га, то за 1995–1997 гг. 0.7 т и 12 кг/га, соответственно, то есть в почву возвращалось лишь 18% элементов минерального питания от суммы выноса с урожаем [Рудай, 1999].

Утверждается, что сорта становятся средством производства, к которым резко возрастают требования, особенно к их рентабельности, необходимости в защите от стрессовых явлений, болезней и вредителей. Удовлетворить предъявляемые сортами требования можно только при переходе селекции на интенсивный путь развития и преобразование ее в хорошо налаженное, ритмично работающее производство [<http://agro-portal.su/pshenica/2025-sort-i-ego-znachenie-v-povyshenii-urozhaynosti.html>].

По мере перехода на генетическую основу короткостебельности, при создании новых сортов интенсивного типа изучалась проблема интенсификации продукционных процессов. Для достижения самых высоких урожаев потребовалось изменить функции роста всех органов, достичь основательной ломки сложившихся ростовых корреляций [Тооминг, 1977; Кумаков, 1980]. Обоснование и разработка физиологической модели сорта мягкой яровой пшеницы для засушливой черноземной степи По-

волжья показало, что короткостебельные сорта (КС) интенсивного типа отличаются от высокорослых большей продолжительностью функционирования фотосинтетического аппарата (ФСА), иной динамикой распределения биомассы, большим вкладом листьев и элементов колоса в формирование урожая зерна, более эффективным оттоком ассимилятов в колос из верхнего и в особенности второго сверху листа; то есть КС вступают в репродуктивную фазу развития с более напряженными донорно-акцепторными отношениями в системе «лист-колос», чем высокорослые сорта. В засушливых условиях сорта интенсивного типа теряют свое преимущество перед экстенсивными сортами в фотосинтетическом потенциале (ФП), а в случае меньшей засухоустойчивости снижают еще и в чистой продуктивности фотосинтеза. Таким образом, в условиях засухи на первое место по урожайности выходят высокорослые засухоустойчивые сорта [Игошин, 1984].

Рассмотрение истории развития теории фотосинтетической продуктивности и поиска путей увеличения её активности показало, что при форсировании продуктивности (на генетическом или фенотипическом уровнях) растение обычно выбирает путь экстенсивный, то есть наращивает дополнительно листовую поверхность с большим содержанием хлорофилла, эффективность которого при этом падает [Чиков, 1987].

И.А. Тарчевским [1964] была высказана идея, что в неблагоприятных условиях происходит прямое замыкание фотосинтеза на дыхание. Причем продукты фотосинтеза окисляются (сжигаются) в дыхании до аминокислот, снижая продуктивность.

Согласно модели А.Т. Мокроносова [1983], «у сортов мягкой яровой пшеницы фотосинтез как энергетический процесс выполняет в растении исполнительную функцию. Он отслеживает запрос на ассимилянты со стороны потребляющих органов. И только. Растение существует не ради фотосинтеза, а использует его для своих целей. А это означает, что все попытки каким-то образом улучшить структуру ФСА растения без изменения емкости и активности потребляющих ассимилянты органов, скорее всего, не будут успешными»

Между фотосинтезом, и различными потребляющими органами существует масса прямых и обратных связей. Многие из них еще мало изучены, а некоторые, вероятно, неизвестны. Форсирование продуктивности растения возможно только путем дальнейшей оптимизации всех многочисленных связей. В целом поиск путей увеличения активности фотосинтетического аппарата растений на уровне хлоропласта оказался неудачным [Чиков, 1987].

Ранее было показано, что хлоропласт как структурная единица фотосинтеза остался практически неизменным на протяжении почти 500-летней селекции картофеля, пшеницы и других культур [Мокроносов 1983]. В.Г. Кошарев [2001], отметив эволюционный консерватизм молекулярных механизмов фотосинтезирующих систем хлоропласта, подчеркнул отсутствие сколь-либо существенного эффекта от попыток воздействовать на них с целью селекционного улучшения. Обсудив возможные пути модернизации молекулы рибулезобифосфаткарбоксилазы (поиск субъединиц с высокой карбоксилазной и низкой оксигеназной активностью) и перспективы переключения растений C_3 – типа фотосинтеза на C_4 – тип, он пришел к

заклучению, что «реален и наиболее актуален в решении проблемы углеродного обмена поиск путей реализации больших, по сути неограниченных возможностей фотосинтеза в формообразовательных процессах, направленных на улучшение УИ и получение максимального выхода продукции».

Исследованиями В.А. Кумакова с соавторами [1982; 2000] установлено, что селекция на повышение потенциала продуктивности колоса, при одновременном увеличении функции его роста к моменту цветения и акцепторной нагрузки на фотосинтетический аппарат в период налива зерна, не приводит к отрицательным последствиям для его реализации, если сопровождается ростом общей адаптивности и засухоустойчивости в частности. Ранги сортов по соотношению колос / соломина в цветение, почти не меняются в восковую спелость зерна.

Ретроспективный анализ результатов краснодарской селекции пшеницы мягкой озимой показал, что урожайность полукарликовых сортов восьмой сортосмены составила 218.8% в отношении к первой, причем размах ее варьирования у сортов второй – четвертой сортосмен несколько увеличился, а затем с пятой сортосмены постоянно снижался, что свидетельствует о повышении их приспособленности и многообразии современных сортов по генетическим и биологическим признакам. Подтверждена основополагающая роль уборочного индекса ($rg = 0.94$, $re = 0.24$) и емкости ценоза ($rg = 0.88$, $re = 0.23$) в увеличении урожайности пшеницы в филогенезе [Новиков, 2012]. Сходные закономерности выявлены при переводе сортов пшеницы на генетическую основу короткостебельности в Украине [Пыльнев, Паламарчук, 1981], в Поволжье [Игошин, 1984].

Группа исследователей из международного центра улучшения пшеницы и кукурузы (СИММИТ), США, Австралии пришли к заключению, что улучшение баланса между донором и акцептором в процессе селекции – эффективный подход в повышении урожая надземной биомассы и КПД ФАР [Reyndolds, Pietragalla et al., 2008]. Задача состоит в том, чтобы определить, чем ограничивается накопление сухого вещества на каждом конкретном этапе развития – донором или акцептором (акцепторами). Результаты 20-летней селекции яровой пшеницы в СИММИТ (с 1990 по 2009 гг.) по дальнейшему повышению УИ свидетельствуют о небольшом прогрессе на пути достижения физиологического предела ($УИ = 0.65$) [Остин 1982; Фулкс и соавт., 2011]. Достигнуто повышение его значений до 0.45–0.50 у яровой пшеницы и 0.50–0.55 – у озимой [Фулкс и соавт. 2011; Рейнольдс и соавт, 2012]. Со сдержанным оптимизмом рассматривая перспективы ускоренного роста урожайности зерновых культур, включая и возможности использования молекулярных методов исследований, (Tony) Fischer, R.A., Edmeades, G.O. [2009] пришли к выводу, что прогресс более вероятно связан с отбором на увеличение биомассы растений и исследованиями в области физиологии продуктивности. Для повышения рентабельности предстоит повысить эффективность использования питательных веществ, устойчивость к болезням и вредителям, конкурентоспособность к сорным растениям и приемам адаптации к противозероизонной обработке почвы. По мнению А.В. Новикова [2012], почти прямолинейная отрицательная генотипическая кор-

реляция между Кхоз (=УИ) ценза и высотой растений ($rg = -0.94$) позволяет вести дальнейшую селекцию на урожайность путём снижения высоты растений.

Адаптивность, устойчивость, стабильность. По определению Л.Т. Эванса и Р.А.Фишера [Evans, Fischer, 1999] – «Потенциал урожая рассматривается как урожайность сорта, адаптированного к условиям выращивания, на фоне обеспеченности влагой и удобрениями, при условии контроля вредителей, возбудителей болезней и сорных растений, ломкости и других стрессовых факторов». В полевых условиях это недостижимо, что ставит проблему отбора по потенциалу урожайности на реальный фон обеспеченности агресурсами, а не на создание комфортных условий для достижения «рекордных» точечных показателей урожайности, но ценой неоправданных затрат. Рассматривая проблему адаптивности и урожайности А.А. Жученко [1980] приводит важнейшее заключение Н.В.Симмонса [Simmonds, 1962] о том, что несмотря на очевидные успехи многолетнего отбора по урожайности, экологическая цена такого роста заранее, вероятно, не прогнозировалась, поскольку анализ результатов 100-летнего периода селекции не даёт повода для чрезмерного оптимизма: за это время урожайность значительно повышена, но и «ликвидирована популяционная адаптация как фактор продуктивности и оказано вредное влияние на приспособляемость.»

Обладая самым большим в мире фондом земель сельхозназначения, но только 5% с благоприятными условиями для сельского хозяйства, Россия располагает не безграничными возможностями для его успешного развития, поскольку почти вся территория страны находится в зоне рискованного земледелия. Растениеводство в России характеризуется низким уровнем стабильности агроценозов и плохим фитосанитарным состоянием почв (Жученко, 1997; Сусидко, 1997). Это подтверждается периодически вспышками эпифитотий и широким распространением сорной растительности. Несмотря на государственную поддержку, объемы производства сельскохозяйственной продукции и урожайность подвержены значительным колебаниям вследствие неблагоприятных климатических условий. По данным специалистов Национального союза агростраховщиков (НСА) эти колебания доходят до 70%, в сравнении с 5% в других странах. По расчетам НСА за период с 1992 по 2001 годы потери сельскохозяйственных товаропроизводителей от недобора урожая (связанные с неблагоприятными погодными условиями) по 29 основным культурам превысили 300 млрд. рублей [<http://www.strahovkainfo.ru/SmartSystem/>].

Согласно перспективным оценкам, климатические условия будут способствовать аграрному производству до середины XXI века, но к концу столетия эти условия начнут ухудшаться, причем негативное влияние некоторых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур будет увеличиваться. Отмечается, что повышение среднегодовой температуры на 3–4 °C приведет к снижению урожайности яровых зерновых практически на всей территории европейской части страны.

Мероприятия, прямо или косвенно направленные на адаптацию сельского хозяйства к изменениям климата, предусмотрены Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяй-

ственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы [<http://docs.cntd.ru/document/902361843>]. В ней предлагается учитывать, «что современные сорта эффективно могут реализовывать свой биологический потенциал лишь при высокой культуре земледелия и оптимальной погоде. В условиях глобального изменения климата эта проблема становится наиболее острой, и для ее решения необходимо, прежде всего, увеличить адаптивные возможности возделываемых сортов. Вместе с тем, многовековое развитие селекции вносит некоторые сомнения в данный вопрос. Изменить эту ситуацию, по-видимому, будет весьма сложно, так как энергетический потенциал растений, по экспериментальным данным, в результате селекции фактически не меняется, что и приводит к невозможности формировать одновременно и высокий, и стабильный, и качественный урожай.»

Например, урожайность озимой пшеницы в условиях Черноземья (Белгородская обл.) с нестабильными природно-климатическими условиями до 1988 г. колебалась в пределах от 30 до 53 ц/га, то начиная с 1989 года, вариация урожайности составила от 18.6 до 69 ц/га. Следует заметить, что и после 2000 года, несмотря даже на качественную агротехнику и применяемые технологии, урожайность колебалась в пределах от 19 до 66 ц/га.

Российскими научными учреждениями определены последствия ожидаемых изменений климата, связанные с ними риски для сельского хозяйства и адаптационные меры. Однако в открытом доступе нет информации о разработанных рекомендациях и технологиях по сохранению, повышению и воспроизводству плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и других адаптационных мерах.

Состояние сельскохозяйственных угодий РФ далеко не удовлетворительное. Из 132.2 млн га пашни 82.5 млн га подвержено эрозии и дефляции (выдуванию), 26 – переувлажнено и заболочено, 73 – закислено, 40 – засолено и осолонцовано, 62 – техногенно загрязнено, в т.ч. 5 млн – загрязнено радиационно. [http://referatwork.ru/lectionbase/ekologiya/view/375945_zemel_nye_resursy_rossii_i_ih_sostoyanie].

Как отмечает А. Керженцев [2017] мировые потери почвенных ресурсов за счет отчуждения, загрязнения и деградации достигли 20 млн га/год. За 50 лет мир потеряет 1 млрд га из 1.5 млрд га наличия. Компенсировать такие потери ростом урожайности невозможно.

Анализ реализации потенциала урожайности у сортов различных периодов селекции показывает, что с увеличением уровня максимальной урожайности ее реализация в конкретных условиях возделывания имеет тенденцию к снижению, а в целом реализация потенциала урожайности колеблется по сортам от 63 до 83%. Высокие коэффициенты вариации урожайности по годам и сравнительно низкий процент реализации потенциала урожайности, где технология возделывания озимой пшеницы близка к оптимальной, позволяют судить, что речь должна идти в первую очередь не о дальнейшем повышении потенциала урожайности (превысившей 10 т/га), а о надежности биологических систем, обеспечивающих стабильность урожая по годам [Самофалов, 2004].

Согласно обзорной информации, приводимой А.А. Жученко [1988] высокая экологическая пластичность ди-

ких видов растений сопряжена с их низкой продуктивностью [Kuiper, 1984], то есть стратегия их приспособления определяется низкой скоростью ростовых процессов [Stuart, 1980] – генетически обусловленной и достаточно постоянной величиной [Батыгин, 1986]. Это затрудняет интеграцию в генотипе создаваемых сортов признаков продуктивности и адаптивности.

Определяющим фактором успешности селекционной работы в большинстве случаев становится адаптивность, в том числе устойчивость к патогенам и фитофагам. Описывая особенности адаптивной селекции зерновых культур в Среднем Поволжье В.В. Глуховцев [2012] отмечает проявление всех трёх видов, пяти типов засух и массовое распространение корневых гнилей и скрытостебельных вредителей, которые ещё в большей степени оказывают пагубное влияние на формирование урожая зерна. Наибольший ущерб приносят длительные (устойчивые) засухи, по цикличности не прогнозируемые, возникающие в 50% случаев за 100-летие, когда валовые сборы зерна снижаются в 2–3 раза. Автор показал, что одним сортом решить вопрос стабилизации урожая по годам невозможно, необходимо возделывать несколько типов сортов: интенсивный (Кутулукская), полуинтенсивный (Кинельская 59, Кинельская нива, Кинельская отрада, Кинельская 61) и экстенсивный (Белянка).

Характеризуя вновь созданные в условиях Ставрополя КС озимой пшеницы интенсивного типа (Ермак, Дон 105, Дон 107 и др. с УИ достигающим 0.49, В.И. Ковтун [2011] предполагает, что урожайность у новых универсальных сортов будет повышаться в основном за счет увеличения числа и массы зерна колоса, УИ, при незначительном увеличении числа колосков в колосе, массы 1000 зерен, продуктивной кустистости, устойчивости к болезням, качества зерна. Сорты этого типа практически в такой же мере, как и полуинтенсивные, должны отвечать требованиям в отношении качества продукции, зимостойкости, засухоустойчивости, продолжительности жизни листьев, особенно флагового листа, толерантности к загущению посевов, иметь большую емкость запасующих органов в ценозе, отличаться продолжительным периодом «колошение – полная спелость», то есть длительным и плавным наливом зерна.

Анализ причин отрицательных связей между продуктивностью и устойчивостью привел к заключению, что устойчивые формы тратят часть энергии и пластических веществ на поддержание «дремлющего» резерва [Майснер, 1981]. А.А. Жученко [1988], разделяя точку зрения ряда авторов на проблему адаптации [Пианка, 1981; Майснер, 1981] отмечает: «чем больше продуктов фотосинтеза расходуется на формирование хозяйственно полезных органов, тем меньше их остается на формирование защитных структур и компенсаторных реакций и наоборот». Устойчивость такого типа ранее описана у ряда сортов пшеницы к стеблевой ржавчине [Simons, 1972] и у кукурузы к стеблевым гнилям [Иващенко, 1992].

Согласно данным многолетних исследований [Новиков, 2012], УИ ценоза вырос у пшеницы озимой мягкой почти вдвое: с 22.8% у местных сортов до 41.2% у сортов восьмой сортосмены. Выход зерна с побега увеличивался параллельно увеличению Кхоз ценоза. В целом, за всю историю селекции он вырос на 15% в абсолютном выра-

жении. Это подтверждает приведенные выше результаты отбора на повышение урожайности озимой и яровой пшеницы, полученные в б.СССР, современной России и зарубежных селекционных учреждениях, достигших повышения УИ с 0.35 до 0.5. Надо полагать, что предложенный ранее физиологический предел (УИ = 0.65) [Остин 1982; Фоулкс и др., 2011] может быть реализован в искусственных условиях, а в полевых условиях он недостижим.

Даже при весьма ограниченной информации, о биоэнергетической «цене» формирования защитных морфоанатомических структур и биохимических реакций можно судить по нижеприведенным примерам [<http://agro-archive.ru/adaptivnoe-rastenievodstvo/2386-bioenergeticheskie-osnovy-selekcii-rasteniy-na-vysokuyu-potencialnuyu-produktivnost-kachestvo-urozhaya-i-ekologicheskuyu-ustoychivost.html>]. Так, синтез госсипола в устойчивых линиях хлопчатника оценивается в среднем в 1.7% (34 кг/га); если у устойчивых сортов картофеля на синтез ришитина в 100 г сухой ткани расходуется 412 мг глюкозы, то у чувствительных – лишь 1.3; устойчивым к стеблевым гнилям линиям кукурузы присуще более значительное запасание ассимилятов (на 36%) в стебле, ножке, стержне и обертках початка, в ущерб продуктивности, достигаемой восприимчивыми линиями [Иващенко, 1992]. На наш взгляд, более доступен, информативен и ёмок приводимой в научной литературе анализ энергетических затрат устойчивости, рассчитанных по разнице величин продуктивности здоровых и пораженных растений конкретного сорта или гибрида (в млн ккал).

Гумус почв и её дегумификация. В гумусе сосредоточено 98% запасов почвенного азота, 60% фосфора, 80% калия и содержатся все другие минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии по природной технологии. По данным РосНИИЗемПроект, черноземы ЦЧО за последние сто лет потеряли около трети общих запасов гумуса, при ежегодном отрицательном балансе гумуса – 0.66 т/га в год. Особенно сильно это сказывается на продуктивности при уменьшении содержания гумуса ниже 1–2%.

Растительные остатки с помощью макро- и микробиоты превращаются в гумусные кислоты и фульвокислоты, которые взаимодействуя с металлами образуют соли – гуматы и фульваты. Гуматы лития, калия, натрия растворимы, легко вымываются водой. Они же представляют наиболее ценную часть гумуса, легко доступную растениям. Гуматы кальция, магния, кремния и тяжелых металлов нерастворимы и составляют ту часть гумуса, которую можно назвать консервами почвенного плодородия. Эти гуматы способны растворяться под влиянием ферментов корневой системы растений, но в количествах, удовлетворяющих только их потребность. Они не подвержены гидролизу, но оказывают большое влияние на создание агрономически ценной, связной, водопрочной и пористой структуры, не подверженной влиянию эрозийных воздействий. Особо подчеркивается, что гуматы тяжелых металлов еще более устойчивы к гидролизу ферментами корневой системы растений и практически не усваиваются ими. Это есть главное экологическое свойство гумуса – связывание тяжелых металлов в почве и предохранение всего живого на Земле от их токсического воздействия, в том числе от тяжелых радионуклидов [Щербаков, Васенев, 1997].

В литературе накоплен огромный экспериментальный материал, показывающий тесную зависимость урожая от уровня гумусированности почв. Коэффициент корреляции содержания гумуса в почве и урожая составляет 0.7...0.8 [данные ВНИПТИОУ, 1989]. Так, в исследованиях Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии (БелНИИПА), увеличение количества гумуса в дерново-подзолистых почвах на 1% (в пределах его изменения от 1.5 до 2.5...3%) повышает урожайность зерна озимой ржи и ячменя на 10...15 ц/га. В колхозах и совхозах Владимирской области при содержании гумуса в почве до 1% урожай зерновых в период 1976–1980 гг. не превышал 10 ц/га, при 1.6...2% составлял 15 ц/га, 3.5...4% – 35 ц/га. В Кировской области прирост гумуса на 1% окупается получением дополнительно 3...6 ц зерна, в Воронежской – 2 ц, в Краснодарском крае – 3...4 ц/га.

Еще более существенна роль гумуса в увеличении отдачи при рациональном применении минеральных удобрений, эффективность его при этом увеличивается в 1.5...2 раза. Однако необходимо помнить, что химические удобрения вызывают усиленное разложение гумуса, что приводит к снижению его содержания. Практика современного сельскохозяйственного производства показывает, что повышение содержания гумуса в почвах является одним из основных показателей их окультуривания. При низком уровне гумусовых запасов внесение одних минеральных удобрений не приводит к стабильному повышению плодородия почв. Более того, применение высоких доз минеральных удобрений на бедных органическим веществом почвах часто сопровождается неблагоприятным действием их на почвенную микро- и макрофлору, накоплением в растениях нитратов и других вредных соединений, а во многих случаях и снижением урожая сельскохозяйственных культур [https://fermer.ru/content/gumus-pochv-i-ego-svoystva].

Первые маршрутные обследования, проведенные в начале и середине XX века В.В. Докучаевым, Е.С. Блажним, Н.Е. Редькиным, З.С. Марченко, показали, что черноземы Прикубанской и Закубанской равнин содержали на целинных участках и в пахотном слое от 4.5 до 7.0 процентов гумуса. А в настоящее время за счет активно протекающей деградации черноземов потеряно до 40–42 процентов гумуса. В результате площадь сверхмощных черноземов в степной зоне края за 35-летний период уменьшилось более чем на 260 тыс. га, а содержание гумуса в пахотном слое уменьшилось на 1.98 процентов [Штомпель, Середин, Ачканов и др., 1997].

В СССР 70–80 годы характеризуются как период интенсивной химизации сельского хозяйства, когда баланс азота, фосфора и калия в целом по России складывался положительно, и, практически повсеместно, наблюдалось постепенное накопление питательных веществ в пахотных почвах. По данным 2001 г. в среднем по стране на 1 га пашни было внесено 12 кг минеральных удобрений (азота, фосфора и калия), а вместе с органическими удобрениями – 21.4 кг. Оценка баланса питательных веществ по его интенсивности показала, что в целом по Российской Федерации возмещение выноса азота с урожаем составило 32%, фосфора – 38% и калия – 15%. Согласно основателю агрохимии в России Д.Н. Прянишникову, для поддержания плодородия почв и наращивания урожая необходимо

возвращать полям не менее 80% потребленного урожаем азота, 100% – фосфора и 70–80% – калия в виде органических и минеральных удобрений. [https://geographyofrussia.com/balans-pitatelnykh-veshhestv-v-zemledelii].

Сравнительный анализ плодородия почв в Каменной Степи, проведенный учеными ФГБНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева показал: если в конце прошлого века площадь пашни с содержанием 7–10% гумуса составляла 7 млн 836 тыс. га, то в наши дни их сохранилось только чуть более 3 млн га; с содержанием гумуса от 4 до 6% раньше более 4 млн га, а в настоящее время более 11 млн га. Площадь черноземных почв с содержанием гумуса в 2–4% возросла за этот период на 35%, а с содержанием гумуса 1–2% – почти в 4.5 раза. Как свидетельствуют результаты многолетних стационарных опытов, бездефицитный и положительный баланс гумуса, в зернопаровом севообороте достигается путем внесения в паровое поле навоза в дозе 40 т/га или возделывания в них донника как сидерата, так и на кормовые цели, а также под влиянием длительного применения (42 года) систем органических удобрений в паровом поле [Уланов, Будажапов, 2016].

По мнению Е.Н. Мишустина [1980] внесенная в почву солома существенно влияет на улучшение азотного режима почв. Углеводы, входящие в состав соломы, используются в метаболизме бактерий, способных фиксировать атмосферный азот. Заметно смещается соотношение микробиологических процессов мобилизации и иммобилизации азота в сторону преобладания последнего, в результате чего большая часть внесенного азота закрепляется в почве в органической форме, кроме того повышается содержание подвижных форм фосфора и калия.

Использование соломы на удобрение составляет в США более 68%, и её доля в общем количестве органических удобрений превышает 53%. В Германии сжигается только 5% соломы, а 45% заделывается в почву. Во Франции сжигается 12%, остальная солома используется в животноводстве или запахивается на удобрение [http://geotec.com.ua/agronomiya/vynos-elementov-pitaniya-iz-pochvy-urozhaem-selskokhozyajstvennykh-kultur-puti-ikh-vozvrashcheniya-v-pochvu.html].

Фитосанитарная дестабилизация земледелия, возникшая в 90-е годы XX века, имевшая многолетний системный характер из-за резкое падения годовых объемов защитных мероприятий (с 75 млн га до 10–15 млн га в 1996–1998 гг.) сопровождалась значительными потерями урожая (1996–1998 гг.) вследствие снятия сдерживающего фитопатогенов, сорных растений и фитофагов фона [Павлюшин, Танский, 2006]. Происходящая в настоящее время антропогенная деградация почв включает химическую (ухудшение химических свойств почв: истощение или избыток запасов питательных элементов, потеря гумуса, вторичное засоление и осолонцевание, загрязнение токсикантами) и её следствие – биологическую деградацию почв (сокращение численности, видового разнообразия и оптимального соотношения различных видов микроорганизмов, загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологических показателей). Она характеризуется потерей плодородия почв (истощение, деградация), обусловленные хроническим невозвратом в почву выносимых с урожаем органических веществ, и заменой их минеральными удобрениями, не участвующими

в накоплении гумуса. Возникают вторичные изменения, обусловленные именно деятельностью человека, которые сопровождаются частичной или полной утратой плодородия почвенного покрова или оказываются причиной его уничтожения.

Проблемы патологии почв и охрана биосферы планеты, их оздоровление и рациональное использование отражены в отечественной литературе советского периода и современной России [Ковда, 1989; Семёнов, Когут, 2016; Кудяров и др., 2017], их актуальность в последние десятилетия значительно возросла. Результаты антропогенных воздействий на степные экосистемы, как и агроэкосистемы проявились в деградации почв и ветровой эрозии, привели к вспышкам численности саранчовых и других

насекомых-вредителей, спровоцировали применение химических веществ для борьбы с ними [Жерихин, 1994].

Из возобновимого ресурса, который при эксплуатации не убавляется, а сохраняется и улучшается (в антропоцентрическом понимании), а при частичной утрате плодородия он может быть восстановлен, сейчас регистрируется полное исчезновение почв как необратимое явление, приводящее, в конечном итоге, к утрате устойчивости или к гибели или глубокой деградации ландшафта, то есть превращение в невозобновимый «ресурс».

Дегумификация как ключевая характеристика количественных и качественных отклонений от нормы (здоровая почва) определяет возможности развития растений, их отношения с почвенной и аэрогенной биотой, характер формирующейся фитосанитарной ситуации (рис.)

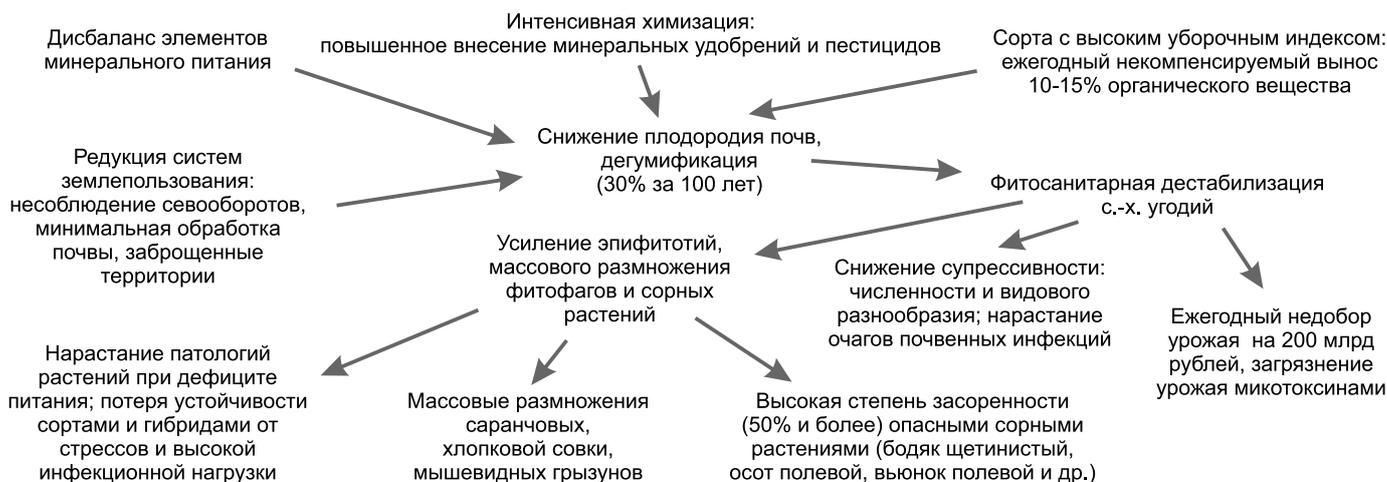


Рисунок. Эколого-продукционный дисбаланс агробиоценозов и фитосанитарные проблемы в растениеводстве

В своей книге «Семена разрушения: тайная подоплека генетических манипуляций» американский экономист Уильям Энгдал [2007] описывая последствия Зеленой революции указывает на несколько обстоятельств: данная модель оказалась агротехнологией, эффективной в мире только на 20% почв. На остальных начали происходить активные процессы деградации; возникла тревожная зависимость сельского хозяйства многих стран от производителей химических средств защиты растений, которые объединены в транснациональные корпорации; производство семян высокопродуктивных сортов и гибридов также оказалось сосредоточено в руках транснациональных семеноводческих корпораций, которые имеют в последнее время тенденцию слияния с химическими. В этом контексте идёт создание ГМ-сортов сельхозкультур, биобезопасность которых до сих пор не доказана; в мире наблюдается тревожная тенденция блокирования на национальных уровнях развития иных, альтернативных технологий.

В настоящее время в аграрном секторе реализуется долгосрочная целевая программа биологизированной системы земледелия, где повышение плодородия осуществляется за счет повсеместного применения биологических удобрений из отходов животноводства и птицеводства, растительных остатков, сидеральных культур и многолетних трав, технологий минимальной и поверхностной обработки, надёжность которой апробирована результатами 4-летней работы аграриев Белгородской области. При этом рост урожайности полевых культур и повышение качества продукции становится возможным только при оптималь-

ной, экономически обоснованной интегрированной защите растений, мониторинге и прогнозе вредоносных объектов, устойчивых сортов, ассортименте безопасных средств защиты растений, включающих расширенное применение биологических препаратов в полевых условиях и защищенном грунте [Павлюшин и др., 2016]. Ряд научно-технических проектов ВИЗР в Белгородской области уже реализован, новые проекты по фитосанитарной оптимизации – в стадии реализации научных идей.

Несмотря на улучшение ситуации в сельском хозяйстве России, растениеводство по-прежнему находится под влиянием глобальных вызовов – изменения климата, редуцирования систем землепользования, продолжающейся дегумификации почв и снижении плодородия, что приводит к фитосанитарной дестабилизации, а в конечном счёте значительным потерям урожая и его качества.

ВИЗР предлагает новую парадигму защиты растений, направленную на долговременную стабилизацию фитосанитарного состояния агроэкосистем, основанную на биоценологическом подходе к построению защитных мероприятий, разработке программ управления численностью вредных видов, фитосанитарным проектированием максимального насыщения сортами с комплексной устойчивостью к фитофагам и патогенам, формировании биорационального ассортимента СЗР, многопольных севооборотов. Крайне важно сдерживать процессы дегумификации почв и повышение их супрессивности, что в конечном счёте улучшает функционирование паразитоценозов и растительно-микробных сообществ. Именно такой под-

ход позволит достичь гарантированной защиты урожая и его качества, достаточной экологической безопасности, способствовать улучшению плодородия сельскохозяйственных угодий, особенно в условиях интенсивного растениеводства.

Заключение. Селекционные преобразования растения в XX – начале XXI века, привели главным образом к увеличению доли зерна в общей биомассе растения, практически не затронув его вещественно-энергетический потенциал, причем перераспределение вещества и энергии в пользу репродуктивного органа, резко возросшее с переводом сортов на короткостебельность, привело (в период «Зеленой революции») к существенно большей зависимости роста и развития растений от факторов экзогенной регуляции; это обусловило выбор в использовании преимущественно химико-техногенных факторов для поддержания и повышения роста продуктивности сортов при существенном «убывании» их устойчивости к вредным организмам, что подтверждает, ранее установленную закономерность [Simmonds, 1962] по результатам 100-летнего периода селекции: «за это время действительно урожайность значительно повышена, но и ликвидирована популяционная адаптация как фактор продуктивности и оказано вредное влияние на приспособляемость»

Уменьшение доли стебля обусловило резкое уменьшение возможности пополнения запасов гумуса, вследствие дополнительного ежегодного выведения из участия в циклических процессах трансформации 10–15% соломы; дефицит элементов питания восполнялся внесением минеральных удобрений для удовлетворения лишь текущих потребностей роста и развития растений, причем удобрений не участвующих в циклических процессах трансформации органического вещества (= образования гумуса), но усиливающих использование растениями гуминовых веществ. Надо полагать, что именно по мере снижения запасов гумуса, эффективность расчетных норм минеральных удобрений на планируемый урожай снижалась, а нормы внесения увеличивались, усиливая один из основных факторов антропогенного влияния.

Многолетние исследования динамических процессов, протекающих в агробиогеоценозах, свидетельствуют о глубокой трансформации их структурно-функциональной организации, происходящей под влиянием усиливающегося антропогенного воздействия. Результатом его влияния являются изменения, происходящие в педосфере, – одной из главных фаз биосферного круговорота, выполняющего в отношении углерода функции резервуара для стока и трансформации атмосферного углерода, ассимилированного при фотосинтезе наземной растительностью. Выявление функций педосферы в ландшафтных и биосферных биогеохимических циклах углерода имеет большое значение для прогнозирования изменения запасов углерода в почвах в результате возможных планетарных изменений климата, а также различных антропогенно-техногенных воздействий [Мартынова, 2011].

Размеры накопления гумуса дают право говорить о необходимости выделения области распространения гуминовых веществ в особую оболочку Земли – «гумосферу» [Вернадский, 1926]. Продолжающаяся дегумификация почв – проблема мировой значимости, что подтверждается данными международной группы исследователей [Liu

et. al., 2012] о падении содержания гумуса, повышении кислотности и снижении содержания кальция в черноземных почвах Северной и Южной Америки, Канады, Мексики, Аргентины и Уругвая, России, Украины, где широко используются интенсивные технологии возделывания растений. В этих условиях усиленный экспорт запасенной энергии (зерна и другой с.-х. продукции) постоянно преобладает, значительно меньшая её часть возвращается в агроэкосистему, характеризуя прогрессирующее снижение запасов энергии в экосистеме, что подтверждается данными о системной дегумификации почв во всех (кроме северного) регионах России [Москва, МСХ РФ, 2011]. Ослабление основной функциональной роли гумуса – регуляции устойчивости агроэкосистем, одним из механизмов которой является отторжение – возврат части органического вещества в пределах круговорота, обусловило снижение супрессивности почв, связывание и вывод за пределы зоны питания растений токсичных и неустойчивых соединений.

Защита растений вынуждена решать задачи сохранения здоровья растений при продолжающихся широкомаштабных процессах дегумификации почв, и снижении их супрессивности при возделывании сортов преимущественно интенсивного типа, генетически запрограммированных на высокий вынос элементов питания из почвы, а также на возросший запрос колоса в элементах питания при более длительном периоде их перераспределения из корней, стеблей и листьев, то есть при удлинившемся периоде восприимчивости. Это способствовало росту предрасположенности растений к поражению листовыми патогенами и обусловило необходимость дополнительного применения пестицидов, и дальнейшему росту резистентности к ним у патогенов, фитофагов и сорных растений.

С учетом эволюционно стабильной интенсивности фотосинтеза, отрицательных зависимостей роста урожайности короткостебельных сортов и качества зерна, зимостойкости и адаптивности к стрессам (абио- и биотическим), а также приближения показателей уборочного индекса к его физиологическому пределу, дальнейшее использование химико-техногенных технологий истощающего земледелия антиэкологично, противозаконно (Федеральный закон от 16.07.1998 N 101-ФЗ; ред. от 05.04.2016) и небезопасно в условиях необходимости гарантированного обеспечения продовольственной безопасности РФ, вследствие дополнительного ежегодного выведения из участия в циклических процессах трансформации 10–15% органического вещества; из-за превращения сорта из средообразующего фактора в средоистощающий, равно как и ГМО, используемых для максимизации уровня продуктивности.

Усиленный экспорт запасенной энергии (зерна и продуктов его переработки) в процессе дальнейшей урбанизации постоянно преобладает, значительно меньшая её часть (при оставшейся в РФ численности животноводства) возвращается в агроэкосистему, характеризуя возросший сток тепла из экосистемы. Рассмотрение приведенных зависимостей на примере модели функциональной схемы экосистемы (по Одуму, 1986) позволяет судить о существенном ослаблении энергетической управляющей петли обратной связи и запасах энергии в агроэкосистеме, постоянно снижающихся в процессе дегумификации [Иващенко, 2008].

В сложившихся условиях, чем интенсивнее технология, тем больше вынос запасенной энергии, поскольку подавляется и та часть органического вещества растений сорных видов, которая ранее возвращалась в почву в процессе механизированных обработок.

Направленность селекционных программ на дальнейшее повышение УИ будет обострять проблему адаптации сортов и гибридов, поскольку прогностически допустимый, но экспериментально не доказанный рост фотосинтетического потенциала продуктивности, к тому же не обеспеченный в должной мере условиями для её реализации, создает условия для развития стрессов. Вероятно, есть смысл поступиться долей потенциально возможного роста урожайности, сохранив при этом достаточный уровень устойчивости и адаптивности, тем более что потенциал этот на фоне недостаточного питания не может реализовываться, а восстановление плодородия почв, их биологической активности потребует десятилетий. Иными словами,

дегумификация – это надолго! Это уже реальность, подрывающая базис продовольственной безопасности РФ.

Теория интенсивного растениеводства требует более высокого уровня биологизированных агротехнологий с тем, чтобы снизить удельный вес химических средств. Однако, сейчас экономический эффект определяется именно химическими средствами.

Надо полагать, что удельный вес факторов и степень интенсификации технологий будет определяться прежде всего структурой севооборота и плодородием почв. При этом функциональные системы поддержания и повышения плодородия от возврата органического вещества через животноводство и структуру севооборотов, сбалансированных по круговороту и объемам органического вещества, в наибольшей мере соответствуют долговременным задачам построения интенсивных экологически устойчивых зональных агроэкосистем, а полученная в них продукция – показателям качества.

Библиографический список (References)

- Астафьева В. Уплотнение почв против органического земледелия. Аграрный сектор, N1 (27), март 2016 (<http://agrosetor.kz/>):
- Батоев Б.Б., Пьинев В.В., Нефедов А.В. Изменение урожайности и элементов структуры урожая озимой мягкой пшеницы в процессе длительной селекции на юге Украины. / Изв. ТСХА, 1991. 23 с.
- Батыгин Н.Ф. Онтогенез высших растений. /М., Агропромиздат, 1986, С. 82–83.
- Благодатская Е.В., Семенов М.В., Якушев А.В. Активность и биомасса почвенных микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Товарищество научных изданий. КМК. М.: 2016. 243 с.
- Вернадский В.И. Биосфера: I-II / В. И. Вернадский, 1926. 157 с. /Научное химико-техническое издательство-Научно технический отдел ВСНХ/ Выпуск N 3–1. том 3. 2004 С.41–42.
- Глуховцев В.В. Особенности адаптивной селекции зерновых культур в Среднем Поволжье в свете учения Н.И. ВАВИЛОВА // Развитие научного наследия Н.И. ВАВИЛОВА в современных селекционных исследованиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова 13–14 марта 2012 год. Казань, Центр инновационных технологий. 2012, С.29–37.
- Евдокимова В.А. Кумаков О.Л. Распределение ассимилятов как фактор продуктивности и засухоустойчивости сортов яровой пшеницы. Итоги исследования / Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета, 2002. Вып 1. С. 146–150.
- Жерихин В.В. Генезис травяных биомов // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. М.: «Недра». 1994. С. 132–137.
- Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений. Кишинев, АН МССР, 1988. 323 с.
- Жученко А.А. Генетическая природа адаптивного потенциала возделываемых растений. /Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб, ВИР, 2005, С. 36–101.
- Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). Пушино: ОНТИ, ПНЦ, РАН, 1994. 148 с.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиогенез). Кишинев, 1980, 347 с.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. Издательство ООО «Просвещение- ЮГ», Краснодар. 2010. 486 с.
- Иващенко В.Г. Способ отбора селекционного материала по признаку выносливости к фузариозной стеблевой гнили. Авторское св-во N 1507263, Б.И. N 34. 1989.
- Иващенко В.Г. Способ создания исходного материала кукурузы в селекции на скороспелость. Авт. св-во N 1729336 Бюлл. изобр., 16, 1992.
- Иващенко В.Г. Устойчивость к стеблевым гнилям кукурузы в аспекте продуктивности и прогрессирующего старения растений. /Вестник с.-х. науки, 1, 1992. С.119–125.
- Иващенко В.Г. Шпилова Н.П. Грибы рода *Fusarium* на семенах хлебных злаков в основных зерновых регионах России (ареалы, частота встречаемости, соотношение). Снкт-Петербург. 2004. 20 с.
- Иващенко В.Г., Шпилова Н.П., Назаровская Л.А. Фузариоз колоса хлебных злаков. СПб, 2004. 164 с.
- Иващенко В.Г. К вопросу о фитосанитарной стабилизации агроэкосистем. 2008. 3. С. 27–46.
- Игошин, А.П. Формирование колоса и зерновая продуктивность сортов яровой пшеницы в связи с морфологической структурой и фотосинтетической деятельностью растений. /Автореф ... канд. дис.. Саратов, 1984. 17 с.
- Ионова Е. В. Устойчивость сортов и линий пшеницы, ячменя и сорго к региональному типу засухи / Автореф ... докт. дис. Краснодар. 2011. 47 с.
- Иржи П. и др. Формирование урожая сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1984. 367 с.
- Керженцев А О стратегии выхода из российского почвенного кризиса или почему почвоведение перестало влиять на успехи сельского хозяйства. 2017. <https://regnum.ru/news/economy/2284962.html> (дата обращения 23.07.2017).
- Ковда В.А. Патология почв и охрана биосферы планеты (препринт). Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1989, 35 с.
- Ковтун. В.И. Селекция и насиничество. 2011. Выпуск 100. С. 8–23.
- Круглов Ю. В. Микробиологические аспекты экологической безопасности применения пестицидов. //Сб. Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства. 1997. С-Петербург. С.45–53.
- Кудеяров В.Н., Соколов М.С., Глинушкин А.П. Современное состояние почв агроценозов России, меры их оздоровления и рационального использования //Агрохимия, 2017, N 6, С. 3–11.
- Кудряшов И.Н., Беспалова Л.А. Гусев В.А. Сорт как основополагающий фактор интенсификации производства зерна озимой пшеницы. / Пшеница и тритикале. Материалы научно-практической конференции «Зеленая революция П.П.Лукияненко». Краснодар, 2001, С. 464–469.
- Кумаков В.А., Игошин А.П., Сияк В.М. и др. Методические указания по определению некоторых физиологических показателей растений пшеницы при сортоизучении. М.: Колос, 1982. 28 с.
- Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 646 с.
- Ларионов, В.Г. (2015). Продовольственная безопасность России. Продовольственная политика и безопасность, 2(1), 47–58. doi: 10.18334/rpib.2.1.456.
- Лэмб М. Биология старения. М.: Мир, 1980. 13 с.
- Материалы доклада «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения» (Москва, МСХ РФ, 2011).
- Майснер А.Д. Жизнь растений в неблагоприятных условиях. Минск, 1981. 96 с.
- Мелешкина Е.П. Нужно ли нам качество зерна. // Хлебпродукты. 2011. N 6.- С. 12–16; оконч. N7. С. 10–13.
- Мок Д. Фотосинтез, урожайность зерна и качество стебля у раннеспелой кукурузы. / Тез. докл. X заседания ЭУКАРПИЯ. Варна, 1979, С.13–14.
- Мокронос А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма: 42-е Тимирязевское чтение. М.: Наука, 1983. 64 с.
- Моргун В.В., Швартау В.В., Ламан Н.А., Прохоров В.Н. / Создание высокоурожайных сортов хлебных злаков и физиологические процессы их продукционного процесса. / Сборник тезисов: «Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы VII -й Международной научной конференции». Минск и эконом: Право и экономика, 2011. 271 с.

- Никитин В.В. Теоретические основы ресурсосберегающей системы удобрения в севооборотах юго-западной части Центрального Черноземья. / Белгородский агромир, 4(6), 2, 2006. С.351–352.
- Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Физиология растений. Т. 3. Теоретические основы повышения продуктивности растений. М.: Наука, 1977. С. 11–54.
- Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972. С. 511.
- Новиков А.В. Изменение уборочного индекса в процессе селекции и его влияние на урожайность пшеницы мягкой озимой / Автореф. ... канд. дис. Краснодар. 2012. 24 с.
- Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1, 1986, 328 с.
- Павлова О. В. Ретроспективный анализ сортов яровой пшеницы, рекомендованных для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ в 1930–2000 гг./ Автореф. ... канд. дисс. М.: 2005. 22 с.
- Павлюшин В.А., В.И. Якуткин, Н.П. Таволжанский. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем Белгородской области. // Вестник защиты растений. 2016, 1(87). С. 14–22.
- Павлюшин В.А., Танский В.И. Дестабилизация фитосанитарного состояния земледелия и пути ее преодоления. / Вестник защиты растений, 1, 2006, С.8–15.
- Пахненко, Е. П.. Роль почвы и удобрений в устойчивости растений к патогенным грибам в агроценозах / Автореф. докт. дисс. Москва. 2001. 49 с.
- Пути совершенствования систем земледелия Краснодарского края / Под ред. П.П.Васюкова. Краснодар, 1997. 196 с.
- Пыльнев В.М., Паламарчук А.И. Селекция озимого тритикале на кормовые цели. /Одесса, ВСГИ. 1981.С. 199–200.
- Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы. Краснодар, 2005, 224 с.
- Рудай И.Д. Государственная Дума РФ. Законодательное обеспечение проблемы плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации //Аграрная наука. 1999. N 2. С. 3–4.
- Рыбалкин А.Н. Повышение эффективности производства зерна / А.Н. Рыбалкин. М.: Агропромиздат, 1990. 224 с.
- Рыбалкин и др. Пути совершенствования систем земледелия Краснодарского края. Краснодар, 1997, 195 с.
- Самофалов А. П. Изменение показателей стабильности урожайности сортов озимой пшеницы в результате селекции // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, выпуск N 3–1. том 3. 2004. С.41–42.
- Тарчевский И.А. Фотосинтез и засуха. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1964. 182 с.
- Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 36.01.06 «Сельское хозяйство» / Сост.: В.П. Белоголовцев, Е.А. Нарушева // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2014. 121 с.
- Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 200 с.
- Трапезников В.К., Иванов И.И., Тальвинская Н.Г. Питание растений. Уфа: Гилем, 1999 258 с.
- Уланов А.К., Будажапов Л.В. Изменение гумусного состояния каштановой почвы в результате длительного антропогенного воздействия в сухой степи Бурятии /Агрохимический вестник Бурятского НИИСХ, 2016, 3. С. 2–7.
- Хокесфорд М.Дж. Сортовые различия в эффективности использования азота растениями пшеницы и существующий потенциал улучшения сортов. / Вестник Международного института питания растений. 2014. N 3. Оригинал: <http://eesa-ru.ipni.net/article/EECARU-2244> (дата обращения 18.05.2017).
- Харченко А. 2017: Метания Минсельхоза в поисках путей повышения урожайности. (<https://regnum.ru/news/economy/2303925.html>)
- Чиков В.И. Фотосинтез и транспорт ассимилятов. М.: Наука, 1987. 188 с.
- Щербаков А.П., Васенев И.И. (ред.) Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО. Научно-практическое издание. Курск.: изд-во ВНИИ Земледелия и защиты почв от эрозии. 1997. 327 с.
- Яшутин Н. В. Факторы успешного земледелия: монография; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Гл. упр. сельского хоз-ва Администрации Алтайского края, Федеральное гос... Барнаул Изд-во АГАУ 2007. 523 с.
- (Aisawi, K.A.B., M.P. Reynolds, R.P. Singh, M.J. Foulkes. 2015. The physiological bases of the genetic progress in yield potential of CIMMYT spring wheat from 1966 to 2009 (in press) doi:10.2135/cropsci2014.09.0601
- Austin, R.B. 1982. Crop characteristics and the potential yield of wheat./ J. Agric. Sci. Camb. 98, P. 447–453.
- Foulkes J., Rivera C., Trujillo E., Sylvester-Bradley R., Reynolds M. Achieving a Step-Change in Harvest Index in High Biomass Wheat Cultivars // Proceedings of the International TRIGO (Wheat) Yield Potential WORKSHOP 2015 CENEB, CIMMYT, Cd. Obregón, Sonora, Mexico (24–26th March, 2015).
- Foulkes, M.J., G.A. Slafer, W.J. Davies, P.M. Berry, R. Sylvester-Bradley, P. Martre, D.F. Calderini, M.P. Reynolds. 2011. Raising yield potential in wheat: Optimizing partitioning. / J. Exp. Bot. 60, P.1899–1918.
- Liu, X., Burras, C. L., Kravchenko, Y. S., Duran, A., Huffman, T., Morras, H., Studdert, G., Zhang, X., Cruse, R. M. and Xiaohui Yuan, X. . Overview of Mollisols in the world: Distribution, land use and management./ Can. J. Soil Sci. 2012. 92: P.383–402. doi:10.4141/CJSS2010–058.
- Reynolds M.P., M.J. Foulkes, R.T. Furbank, S. Griffiths, J. King, E.H. Murchie, M.A. Parry, G.A. Slafer. 2012. Achieving yield gains in wheat./ Plant Cell Environ. 35, P. 1799–1823.
- Saint Pierre, C., R. Trethowan, M.P. Reynolds. 2010. Stem solidness and its relationship to water-soluble carbohydrates: association with wheat yield under water deficit. Funct. Plant Biol. 37, 166–174.
- Simmonds N.W. Biol. Rev., 37, 1962, p.422 (цит. по Жучено, 1980, 347).
- Tony) Fischer R.A., Edmeades G.O. Breeding and cereal yield progress // Workshop 4. Beyond the yield curve – exerting the power of genetics, genomics, and synthetic biology. Science Forum 2009. Wageningen 16–17 June 2009 / www.sap.uchile.cl/.
- <http://agro-portal.su/pshenica/2025-sort-i-ego-znachenie-v-povyshenii-urozhaynosti.html> (Дата обращения: 11.03.2017).
- <https://www.agroxxi.ru/ovoschnye/ovoschnye-tehnologija-vozdelyvanija/urozhain>. (Дата обращения: 26.07.2017).
- <http://vlasti.net/news/255603>. (Дата обращения: 24.08.2017).
- <http://agro-portal.su/pshenica/2025-sort-i-ego-znachenie-v-povyshenii-urozhaynosti.html> (Дата обращения: 11.03.2017).
- <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/447.html>. (Дата обращения: 10.11.2016).
- <http://www.strahovkainfo.ru/SmartSystem> (Дата обращения: 25.04.2017).
- http://referatwork.ru/lectionbase/ekologiya/view/375945_zemel_nye_resursy_rossii_i_ih_sostoyanie (Дата обращения: 28.07.2017).
- https://regnum.ru/analytics/author/anatolij_kerzhencev.html (Дата обращения: 1 7.08.2017).
- <http://agro-archiv.ru/adaptivnoe-rastenievodstvo/2386-bioenergeticheskie-osnovy-selekcii-rasteniy-na-vysokuyu-potencialnuyu-produktivnost-kachestvo-urozhaya-i-ekologicheskuyu-ustoychivost.html> (Дата обращения: 27.09. 2017)
- <https://fermer.ru/content/gumus-pochv-i-ego-svoystva> (Дата обращения: 15.08.2017)
- <https://geographyofrussia.com/balans-pitatelnyx-veshhestv-v-zemledelii/> (Дата обращения: от 29.08.2017)
- <http://geotec.com.ua/agronomiya/vynos-elementov-pitaniya-iz-pochvy-urozhaem-selskokhozyajstvennykh-kultur-puti-ikh-vozvrashcheniya-v-pochvu.html> (Дата обращения: 06.07.2013). | scienceforum.ru/2015/pdfcienc/17489.pdf. (Дата обращения: 17.03.2015).

Translation of Russian References

- Astafieva V. Compaction of soils vs organic farming. Agrarnyi sektor, N1 (27), 2016 (<http://agrosektor.kz/>). (In Russian).
- Batoev B.B., Pylnev V.V., Nefedov A.V. Changes of yield and elements of yield structure of winter wheat in a long process of selection in the South of Ukraine. Izv. TSKhA, 1991. 23 p. (In Russian).
- Batygin N.F. Ontogenesis of higher plants. Moscow: Agropromizdat, 1986, p. 82–83. (In Russian).
- Belogolovtsev V.P., Nerushev E.A. Theory of mineral nutrition: a brief course of lectures for graduate students in direction of training 36.01.06 Agriculture. Saratov: Saratovskii GAU. 2014. 121 p. (In Russian).
- Blagodatskaya E.V., Semenov M.V., Yakushev A.V. Activity and biomass of soil microorganisms in a changing environment. Moscow: KMK, 2016. 243 p. (In Russian).
- Chikov V.I. Photosynthesis and transport of assimilates. Moscow: Nauka, 1987. 188 p. (In Russian).
- Evdokimov V.A., Kumakov O.L. Distribution of assimilates as a factor of productivity and drought resistance of spring wheat varieties. Results of the study. Byulleten Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2002. Vyp 1. P. 146–150. (In Russian).

- Glukhovtsev V.V. Features of adaptive breeding of grain crops in the middle Volga region in the light of the doctrine of N.I. Vavilov. In: Development of the scientific heritage of N.I. Vavilov in modern breeding research. Materials Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 125-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova, 13-14 marta 2012 god. Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologii, 2012, p. 29-37. (In Russian).
- Hawkesford M.J. Varietal differences in efficiency of use by the wheat plants and existing potential of improved varieties. Vestnik Mezhdunarodnogo instituta pitaniya rastenii. 2014. N 3 (<http://eeca-ru.ipni.net/article/EECARU-2244>) (In Russian).
- Igoshin A.P. Development of ear and grain productivity of spring wheat varieties in connection with the morphological structure and photosynthetic activity of plants. PhD Thesis. Saratov, 1984. 17 p. (In Russian).
- Ionova E.V. Resistance of varieties and lines of wheat, barley and sorghum to the regional type of drought. DSc Thesis. Krasnodar. 2011. 47 p. (In Russian).
- Irzhi P. et al. Yield formation of crops. Moscow: Kolos, 1984, 367 p. (In Russian).
- Ivaschenko V.G. Method of creating the initial material of maize in breeding for earliness. Patent RF N 1729336. Byull. izobr. N 16. 1992. (In Russian).
- Ivaschenko V.G. Method of selection of breeding material on the basis of resistance to Fusarium stem rot. Patent RF N 1507263, Byull. izobr. N 34. 1989. (In Russian).
- Ivaschenko V.G. Resistance to stem rots of maize in terms of productivity and progressive senescence. Vestnik s.-kh. nauki, N 1, 1992, p.119–125. (In Russian).
- Ivaschenko V.G., Shipilova N.P. Fungi of the genus *Fusarium* on seeds of cereals in the main grain regions of Russia (ranges, frequency of occurrence ratio). St. Petersburg. 2004. 20 p. (In Russian).
- Ivaschenko V.G., Shipilova N.P., Nazarovskaya L.A. *Fusarium* head blight of cereals. St. Petersburg, 2004, 164 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. To the question on phytosanitary stabilization of agroecosystems. Vestnik zashchity rastenii, 2008. N 3. P. 27–46. (In Russian).
- Kerzhentsev A. About strategy exit from the Russian soil crisis, or why the soil science ceases to affect the success of agriculture. 2017. (<https://regnum.ru/news/economy/2284962.html>) (In Russian).
- Kharchenko A. 2017. Throwings of the Ministry of Agriculture in search of ways of productivity increase (<https://regnum.ru/news/economy/2303925.html>) (In Russian).
- Kovtun V.I. Methods and trends of selection of soft winter wheat in the South of Russia. Seleksiya i semenovodstvo, 2011. Vyp. 100. P. 8–23. (In Russian).
- Kruglov Y.V. Microbiological aspects of environmentally safe application of pesticides. In: Sb. Problemy optimizats. fitosanitar. sostoyan. rasteniev. 1997. St. Petersburg. P. 45–53. (In Russian).
- Kudryarov V.N., Sokolov M.S., Glin'skiy A.P. Current status of soils of agricultural lands of Russia, measures of improvement and rational use. Agrokhimiya, 2017, N 6, P. 3–11. (In Russian).
- Kudryashov I.N., Bespalova L.A., Gusev V.A. Grade as a fundamental factor in the intensification of grain production of winter wheat. In: Pshenitsa i tritikale. Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii "Zelenaya revolyutsiya P.P.Lukyanenko". Krasnodar, 2001, p. 464–469. (In Russian).
- Kumakov V.A., Igoshin A.P., Sinyak V.M. et al. Methodical instructions on determination of some physiological parameters of wheat plants during the study. Moscow: Kolos, 1982. 28 p. (In Russian).
- Kursanov A.L., Transport of assimilates in the plant. Moscow: Nauka, 1976. 646 p. (In Russian).
- Lamb M. Biology of aging. Moscow: Mir, 1980. 13 p. (In Russian).
- Larionov V.G. Food safety of Russia. Prodovolstvennaya politika i bezopasnost, 2015. Vol. 2(1), p. 47-58. Doi: 10.18334/ppib.2.1.456. (In Russian).
- Meisner A.D. Plant life in adverse conditions. Minsk, 1981. 96 p. (In Russian).
- Meleshkina E.P. Do we need the quality of the grain. Khleboproduktiy. 2011. N 6. P. 12–16. N 7. P. 10–13. (In Russian).
- Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Materials of report "On the status and use of lands of agricultural purpose". Moscow: MSKh RF, 2011 (mcsx.ru/documents/file_document/v7_show/19761.133.htm) (In Russian).
- Mok D. Photosynthesis, grain yield and quality of stem early maturing corn. In: Tez. dokl. 10 zasedaniya EUKARPIA. Varna, 1979, p.13–14. (In Russian).
- Mokronosov A.T. Photosynthetic function and integrity of plant organism. In: 42-e Timiryazevskoe chtenie. Moscow: Nauka, 1983. 64 p. (In Russian).
- Morgun V.V., Schwartau V.V., Laman N., Prokhorov V.N. Creation of high-yielding varieties of cereals and physiological processes of their production process. In: Sbornik tezisov: Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rastenii: materialy 7-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Minsk i ekonom: Pravo i ekonomika, 2011. 271 p. (In Russian).
- Nichiporovich A., Theory of photosynthetic productivity of plants. In: Plant Physiology. Vol. 3. Theoretical bases of increase of efficiency of plants. Moscow: Nauka, 1977. P. 11–54. (In Russian).
- Nichiporovich A.A. Photosynthetic activity of plants and ways of increasing their productivity. In: Theoretical foundations of the photosynthetic productivity. Moscow: Nauka, 1972. P. 511. (In Russian).
- Nikitin V.V. Theoretical foundations of resource-saving systems of fertilizers in crop rotations in the South-Western part of the Central Chernozem region. Belgorodskii agromir, vol. 4(6), 2. 2006. P. 351–352. (In Russian).
- Novikov A.V. Changes in the harvest index in the process of selection and its effect on the yield of soft winter wheat. PhD Thesis. Krasnodar. 2012. 24 p. (In Russian).
- Odum Yu. Ecology. Moscow: Mir, 1986. Vol. 1. 328 p. (In Russian).
- Pavlova O.V. Retrospective analysis of spring wheat varieties recommended for cultivation in the Central-Chernozem zone of the Russian Federation in 1930-2000. PhD Thesis. Moscow. 2005. 22 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Tansky V.I. Destabilization of the phytosanitary state of agriculture and ways of its overcoming. Vestnik zashchity rastenii, N 1, 2006, P. 8–15. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Yakutkin V.I., Tavolzhanskiy N.P. Phytosanitary optimization of agroecosystems in Belgorod region. Vestnik zashchity rastenii. 2016, N 1(87). P. 14–22. (In Russian).
- Pylnev V.M., Palamarchuk A.I. Breeding of winter triticale for feed purposes. Odessa: VSGI, 1981, p. 199–200. (In Russian).
- Rakhnenko E.P. Role of soil and fertilizer in plant resistance to pathogenic fungi in agroecosystems. PhD Thesis. Moscow. 2001. 49 p. (In Russian).
- Romanenko A.A., Bespalova L.A., Kudryashov I.N., Ablova I.B. New policy of varietal and cultivar agrotechnics of winter wheat. Krasnodar, 2005. 224 p. (In Russian).
- Rudai I.D. State Duma of the Russian Federation. Legislative support for issues of fertility of agricultural land in the Russian Federation. Agrarnaya nauka. 1999. N 2. P. 3–4. (In Russian).
- Rybalkin A.N. et al. Ways of improving cropping systems in the Krasnodar region. Krasnodar, 1997, 195 p. (In Russian).
- Rybalkin A.N. Improving the efficiency of grain production. Moscow: Agropromizdat, 1990. 224 p. (In Russian).
- Samofalov A.P. Changes of stability of productivity of winter wheat varieties as a result of selection. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, N 3-1. Vol. 3. 2004. P. 4–142. (In Russian).
- Shcherbakov A.P., Vasenev I. (Eds.). Agroecological state of chernozems, Central black earth region. Scientific-practical publication. Kursk: VNII Zemledeliya i zashchity pochv ot erozii. 1997. 327 p. (In Russian).
- Tarchevskiy I.A. Photosynthesis and drought. Kazan: Izd-vo Kazanskogo unta, 1964. 182 p. (In Russian).
- Tooming H.G. Solar radiation and yield formation. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 200 p. (In Russian).
- Trapeznikov V.K., Ivanov I.I., Tallinskaya N.G. Nutrition of plants. Ufa: Gilem, 1999. 258 p. (In Russian).
- Ulanov A.K., Budazhapov L.V. Change in the humus state of the chestnut soil as a result of prolonged anthropogenic impact in dry steppe of Buryatia. Agrokhimicheskii vestnik Buryatskogo NIISKh, 2016, 3. P. 2-7. (In Russian).
- Vasyukov P.P. (Ed.). Ways of perfection of systems of agriculture in Krasnodar Krai. Krasnodar, 1997. 196 p. (In Russian).
- Vernadsky V.I. Biosphere. Vols. I-II. 1926. 157 p. ([http://m605/dsweb/Get/Resource-8256/Vernadskiy_V.I._Biosfera\(1\).pdf](http://m605/dsweb/Get/Resource-8256/Vernadskiy_V.I._Biosfera(1).pdf)) (In Russian).
- Yashutin N.V. Factors of successful agriculture: monograph. Barnaul: AGAU. 2007. 523 p. (In Russian).
- Zherikhin V.V. Genesis of grassy biomes. In: Ecosystem restructuring and evolution of the biosphere. Moscow: Nedra. 1994. P. 132–137. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Adaptive potential of cultivated plants. Kishinev: AN MSSR, 1988. 323 p. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants (adaptation, recombination, agrobiocenosis). Kishinev, 1980, 347 s. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants as an independent scientific discipline. Theory and practice. Krasnodar: Prosveshchenie-YuG. 2010. 486 p. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Genetic nature of the adaptive potential of cultivated plants. In: Identifitsirovannyi genofond rastenii i seleksiya. St. Petersburg: VIR, 2005, p. 36–101. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Strategy of adaptive intensification of agriculture (a concept). Pushchino: ONTI, PNTs, RAN, 1994, 148 p. (In Russian).

CROP PRODUCTION INTENSIFICATION AND ECOLOGICAL PRODUCTION BALANCE OF AGRICULTURAL ECOSYSTEMS: THE DECLINE IN SOIL FERTILITY AND PHYTOSANITARY DESTABILIZATION

V.G. Ivashchenko, V.A. Pavlyushin

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

A retrospective analysis of productivity growth of wheat in the process of intensification of selection methods generated short-stalk varieties in breeding institutions of Russia and foreign countries is carried out. Published experimental materials, technical papers, statistics and materials of authors' researches are used. A similar increase of the harvest index is achieved in various countries. The reasons for the harvest index deceleration is discussed, its physiological limits and ways to increase the intensity of photosynthesis in wheat varieties are defined. The effects of predominantly chemical-technological intensification of crop production and ecological imbalance of production and agroecosystems are described. The weakening of the main functional role of humus, i.e. regulating sustainability of agroecosystems to abiotic and biotic factors, has led to a decline of soil suppressiveness. The primary factor of environment exhaustion at intensive technology has become a variety with a genetically fixed ability for high reproductive capacity; the secondary factor is a technological support, designed to maximize yield and profitability, but not counting the price of soil fertility reduction. The change of technology, varieties and calculation of profitability will limit the use of arable lands of the Russian Federation as a testing ground for foreign plant protection means.

Keywords: wheat breeding; short-stem variety; harvest index; productivity; photosynthesis; humus; dehumidification; yield.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Иващенко Владимир Гаврилович. Ведущий эксперт, доктор
биологических наук, профессор, e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru
Павлюшин Владимир Алексеевич. Директор института, академик РАН

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Ivashchenko Vladimir Gavrilovich. Leading expert, DSc in Biology,
Professor, e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru
Pavlyushin Vladimir Alekseevich. Director of VIZR. Academiann

* Responsible for correspondence