

вычислительной нанотехнологии» (Network for Computational Nanotechnology, NCN). Результатом работы этого консорциума стало создание виртуального вычислительного центра nanoHUB (<http://nanohub.org>). Онлайн-сообщество nanoHUB, состоящее из более чем 90 тыс. пользователей в год, получает доступ к ресурсам, которые необходимы ученым для сотрудничества в области моделирования, для исследований и обучения в сфере нанотехнологий. Есть ли необходимость в создании «Nutrohub» – глобального исследовательского и образовательного проекта в области питания растений? Подобное сообщество специалистов могло бы состоять из многочисленных групп – каждая со своим направлением работы, но при совместном использовании коммуникационных и вычислительных ресурсов. Группы могли бы разрабатывать интегрированные системы управления данными, подобно представленной на рис. 5 системе, разработанной для Глобального проекта IPNI по кукурузе (Murrell, 2008).

Д-р Фиксен – старший вице-президент (Программа по Америке) и Директор по научной работе IPNI. Работает в Бруклинге, штат Южная Дакота. E-mail: pfixen@ipni.net

Литература

Adviento-Borbe, M.A.A., M.L. Haddix, D.L. Binder, D.T. Walter, and A. Dobermann. 2007. *Global Change Biology* 13:1972-1988.

Brouder, S.M. and J.J. Volenec. 2008. *Physiol. Plant.* 2008:1-20.

Bruulsema, T.W., C. Witt, Fernando Garcia, Shutian Li, T. Nagendra Rao, Fang Chen, and S.Ivanova. 2008. *Better Crops* 92(2):13-15.

Darst, B.C. and L.S. Murphy. 1994. Keeping agriculture viable: Industry's viewpoint. *J. Soil and Water Conservation* 46(2):8-14.

Dobermann, A. 2007. In *Fertilizer Best Management Practices*. International Fertilizer Industry Assoc., Paris, France.

Evans, Alex. 2009. *The Feeding of the Nine Billion: Global Food Security for the 21st Century (A Chatham House Report)*. Royal Institute of International Affairs, London.

FAO. 2008. *State of Food and Agriculture* (page 62). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. On line at <http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm>.

Fedoroff, Nina V. 2008. American Association for the Advancement of Science Annual Meeting. On line at <http://www.pitt.edu/~super1/lecture/lec31911/001.htm>.

Glenn, J.C., T.J. Gordon, and E. Florescu. 2008. *The Millenium Project: State of the Future*. World Federation of UN Associations, Washington, D.C.

IAASTD. 2009. *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development – Executive Summary of the Synthesis Report*. Island Press, Washington, D.C.

Janzen, H. 2009. SOM research in 2030: what scientists then might ask of us now. In program and Abstracts for the International Symposium on Soil Organic Matter Dynamics: Land Use, Management and Global Change. Colorado State University, Fort Collins. p. 114.

Lobell, D.B., K.G. Cassman, and C.B. Field. 2009. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34:4.1-4.26.

Murrell, T.S. 2008. Personal Communication.

National Academy of Sciences. 2009. *On Being a Scientist – a Guide to responsible Conduct in Research*, Third Edition. Committee on Science, Engineering and Public Policy. The National Academies Press. Washington, D.C.

National research Council. 2009. *Informing decisions in a changing climate. Panel on Strategies and Methods for Climate-Related Decision Support of the Committee on the Human Dimensions of Global Change*, National Research Council of the National Academies. The National Academies Press. Washington, DC. On line at <http://books.nap.edu/catalog/12626.html/>.

Thorup, J.T. and J.W.B. Stewart. 1988. Optimum fertilizer use with differing management practices and changing government policies. In *Proceedings of the 25th Anniversary Symposium of Division S-8, Advances in Fertilizer technology and Use*. Published for the Soil Sci. Soc. A. by the Potash & Phosphate Institute (now the International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA).

Yang, H., A. Dobermann, K.G. Cassman, and D.T. Walters. 2006. *Agron. J.* 98:737-748.

Роль элементов питания в повышении урожайности яровой пшеницы в Сибири

Гамзиков Г.П., Носов В.В.

Сибирь расположена в азиатской части России на площади около 10 млн. км². В южной части этого региона, где находится более 56 млн. га сельхозугодий, занимаются земледелием и животноводством. Здесь имеется около 23.5 млн. га распаханых земель, что составляет примерно 1/5 часть пашни России. В регионе традиционно и успешно возделываются яровые культуры: пшеница, ячмень, овёс, просо, гречиха, зернобобовые, подсолнечник, картофель и овощи. Из озимых высеваются рожь и тритикале. Перспективны и дают высокие урожаи яровой рапс, соя, сахарная свёкла. Основная доля (около 70%) в структуре посевных площадей принадлежит зерновым культурам, среди ко-



торых преобладает яровая пшеница (75-80%). Средняя урожайность яровой пшеницы в Сибирском федеральном округе за последние 5 лет (2004-08 гг.) составила только 1.3 т/га (РОССТАТ, 2010).

Для пшеничного пояса Сибири, расположенного в нескольких природных зонах, характерны значительные колебания по увлажнению (годовые осадки 230-550 мм), температурному режиму (сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ 1400-2800) и продолжительности вегетационного периода (100-140 дней). Почвенный покров пашни в лесной зоне представлен дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами (17% от пахотных земель региона), в лесостепи – чернозёмами оподзоленными, выщелоченными, обыкновенными и лугово-чернозёмными почвами (63%), в степи – чернозёмами южными и каштановыми почвами (14%).

Агрохимические параметры потенциального и эффективного плодородия почв вносят весомый вклад

в уровни продуктивности сельскохозяйственных культур. Материалы агрохимического обследования (Агрохимическая характеристика почв ..., 2005) свидетельствуют о широком диапазоне содержания гумуса в сибирских почвах – от очень низкого – низкого (<4.0%) до среднего – повышенного (4.1-8.0%) и высокого – очень высокого (>8.1%), при этом в каждую градацию обеспеченности входит около 1/3 обследованной территории (рис. 1). Около 2 млн. га пашни представлены кислыми почвами, на которых для получения хорошего урожая необходимо проводить известкование.

Основным источником азотного питания растений в агроценозах региона служит подвижный минеральный азот, главным образом, нитратная его форма (Гамзиков, 1981). Сибирские почвы обладают высоким потенциалом накопления N-NO_3 (до 100-120 кг/га в слое 0-40 см) после парования, лет-

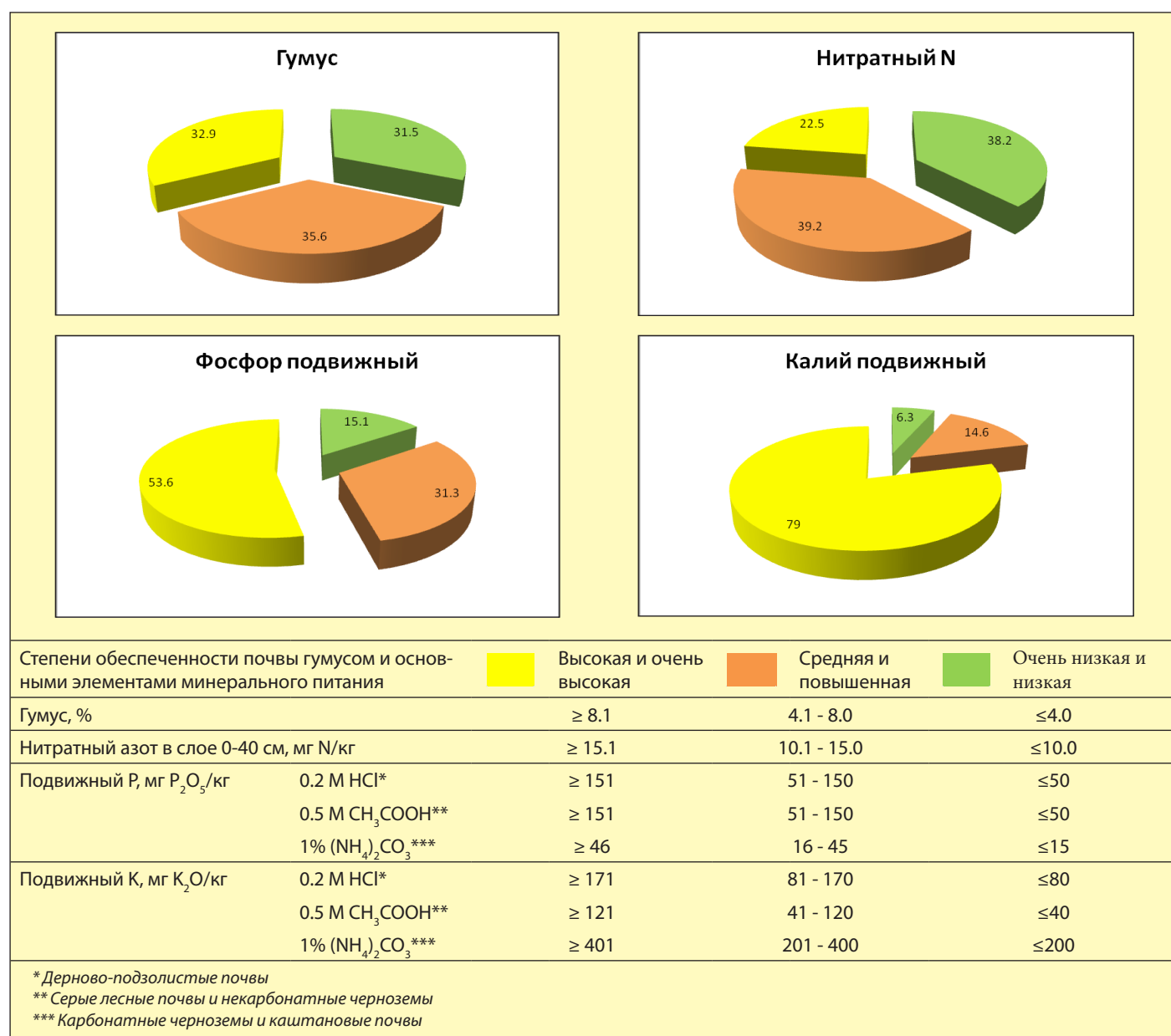


Рис. 1. Группировка пахотных почв Сибири по обеспеченности гумусом и подвижными формами питательных элементов, % (Агрохимическая характеристика почв ..., 2005).

Таблица 1. Возможные уровни продуктивности яровой пшеницы в зависимости от природных условий Сибири и систем земледелия, т/га (Гамзиков и др., 2008).

Зона	Природные факторы*			Системы земледелия**		
	Инсоляция, тепло	Увлажнение	Плодородие	Экстенсивная	Ординарная	Интенсивная
Лесная	4.0-5.8	3.8-5.0	0.6-1.5	0.5-1.0	0.7-1.6	2.6-4.5
Лесостепь	5.0-7.2	1.7-4.0	1.2-2.4	0.8-1.5	1.0-1.8	2.2-4.0
Степь	6.0-8.6	0.8-2.2	1.0-1.6	0.4-1.0	0.8-1.6	1.5-2.2
Число хозяйств, работающих по системе, %				35-40	50-60	10-15

* Возможные уровни продуктивности при оптимальном плодородии почв в сочетании с оптимальным увлажнением и оптимальной инсоляцией.
 ** Экстенсивная – без применения удобрений и средств защиты растений; ординарная – 10-20 кг/га NPK при посеве и выборочное применение средств защиты; интенсивная – выполнение технологии возделывания культуры в соответствии с научными рекомендациями при комплексной химизации.

ней распашки пласта многолетних трав, ранней зяби после зернобобовых и однолетних трав. При посеве по таким предшественникам пшеница не испытывает потребности в дополнительном внесении азотных удобрений. На 2/3 посевов полевых культур, размещаемых по другим предшественникам, обеспеченность почвенным азотом обычно низкая, в связи с чем здесь возникает потребность в ежегодном внесении азотсодержащих удобрений.

Высокую и очень высокую обеспеченность P_2O_5 имеют немногим более половины обследуемой пашни, около 1/3 – повышенную и среднюю и лишь 15% – низкую и очень низкую (рис. 1). Наиболее бедны фосфатами (очень низкое и низкое содержание) дерново-подзолистые (57%), южные чернозёмы и каштановые почвы (40%). Большая часть почв (79%) имеют высокую и очень высокую обеспеченность подвижным калием (рис. 1). Таким образом, принимая во внимание агрохимическую ситуацию с обеспечением элементами минерального питания сельскохозяйственных культур в сибирском земледелии, следует сделать вывод о необходимости ежегодного внесения азотных удобрений на площади около 16 млн. га, фосфорных – более чем на 10 млн. га и калийных – на 5 млн. га.

Почвенно-климатические условия основных природных зон Сибири благоприятны для получения высокой продуктивности яровой пшеницы при обязательном соблюдении технологии её возделывания (табл. 1). Роль минеральных удобрений в получении высоких урожаев особенно высока в лесной зоне – на бедных по плодородию дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Без применения удобрений и средств защиты растений на этих почвах максимальная урожайность зерна пшеницы не превышает 1.0 т/га, тогда как использование интенсивных агротехно-

логий позволяют получать до 2.6-4.5 т/га. В лесостепи на оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных чернозёмах, тёмно-серых лесных и лугово-чернозёмных почвах формирование урожая ограничивается неустойчивостью увлажнения и уровнем обеспеченности нитратным азотом, а в отдельных провинциях – недостатком фосфатов. Усреднённая продуктивность яровой пшеницы при экстенсивной системе земледелия в лесостепи, как правило, не превышает 1.5 т/га зерна и лишь в благоприятные по гидротермическим условиям годы возрастает до 2.0 т/га. Однако интенсивные технологии возделывания пшеницы позволяют получать до 2.2-4.0 т/га. В степи на южных чернозёмах и каштановых почвах при их невысокой азотмобилизующей способности и значительном дефиците увлажнения уровень урожайности обычно не превышает 1.0 т/га, однако при выполнении всех агротехнических приемов его можно увеличить до 1.5-2.2 т/га.

Применение органических и минеральных удобрений в сочетании с комплексом агротехнических приёмов и средств защиты растений позволяет максимально реализовать естественный ресурсный потенциал каждой почвенно-климатической зоны, а также исключить или, по крайней мере, максимально сгладить негативные природные и антропогенные факторы. В табл. 2 обобщены средние прибавки зерна яровой пшеницы от удобрений в Сибири. Их максимальные величины можно наблюдать на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, где каждый килограмм питательных веществ, внесённых с минеральными удобрениями, позволяет получать дополнительно от 4 до 9 кг высококачественного зерна пшеницы.

Сочетание эффективных способов обработки почв с рекомендуемым внесением удобрений и средств за-

Таблица 2. Среднемноголетнее влияние минеральных удобрений на сбор зерна яровой пшеницы на почвах Сибири, т/га (Гамзиков и др., 2008).

Почва	Урожай без удобрений	Прибавка от удобрений (NPK) 40-60 кг/га			
		N	P	NP	NPK
Дерново-подзолистая	1.06	0.46	0.32	0.57	0.79
Серая лесная	1.57	0.41	0.30	0.60	0.67
Чернозем	1.68	0.33	0.22	0.49	0.52
Каштановая	1.14	0.16	1.18	0.31	0.31

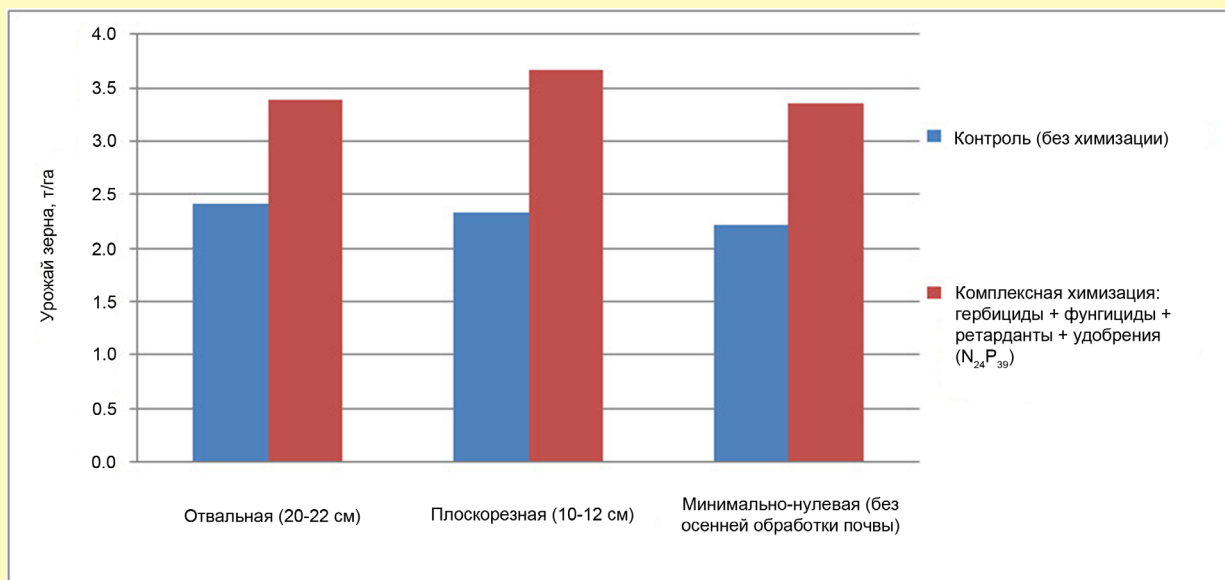


Рис. 2. Влияние систем обработки почвы на урожайность яровой пшеницы при посеве по пару в 5-польном севообороте (пар – пшеница – кукуруза – пшеница – ячмень) на чернозёме слабовыщелоченном среднегумусном тяжелосуглинистом в среднем за 1988-2000 гг. (Холмов, Юшкевич, 2006).

Примечание: средняя обеспеченность почвы подвижным фосфором (80-95 мг P₂O₅/кг) и очень высокая – подвижным калием (400-500 мг K₂O/кг) по Чирикову.

щиты растений, как свидетельствуют данные Холмова и Юшкевича (2006), позволяет наиболее полно реализовать потенциал яровой пшеницы (рис. 2). Результаты исследований и практика их использования в производстве свидетельствуют о том, что ресурсосберегающие технологии обработки почвы в сочетании с применением средств химизации, включая минеральные удобрения, обеспечивают наибольший выход зерна с гектара пашни, увеличивают индекс стабильности производства зерна (на 51%), снижают себестоимость тонны продукции (на 17%), и, таким образом, повышают прибыль (на 25%).

За последние двадцать лет применение минеральных удобрений в сибирском земледелии сократилось более чем в 10 раз (табл. 3). Анализ баланса элементов минерального питания в земледелии, рассчитанного нами, свидетельствует о глубоком дефиците всех элементов питания (табл. 4). Суммарное возмещение их с удобрениями в последние годы не превышает 11% от выноса. Перспективный прогноз увеличения приме-

нения удобрений до минимальной потребности региона к 2015 г. позволяет надеяться на постепенное снижение дефицита питательных веществ и существенное повышение урожайности ведущей культуры сибирского земледелия.

В настоящее время, в связи с ограниченными возможностями использования в регионе средств химизации, включая минеральные удобрения, приходится активно подключать агротехнические приёмы рационального использования плодородия почв. Наиболее распространена практика введения в севооборот па-



Таблица 3. Среднегодовое применение минеральных удобрений (NPK) в земледелии Сибири, тыс. т.

Регион	1986-1990	2001-2005	2006-2009	2015-2020 (перспектива)
Западная Сибирь	832	53.7	70.9	260
Восточная Сибирь	470	45.3	46.9	135
Сибирь*	1302	99.0	117.8	395

* Включая Тюменскую область и Республику Якутия (Саха).

рового поля – лучшего предшественника для пшеницы во всех природных зонах Сибири. Парование почвы в 3-, 4-польных севооборотах даёт возможность накапливать высокие запасы влаги (160-220 мм в слое 0-100 см), нитратного азота (100-120 кг/га в слое 0-40 см) и сокращать засорённость в 3-4 раза (до 30-35 шт./м² семян сорняков).

В специфических почвенно-климатических условиях региона – глубокое и длительное промерзание почв зимой, неравномерное распределение осадков

Таблица 4. Среднегодовой баланс питательных веществ в земледелии Сибири (2006–2009 гг.).

Элемент	Вынос	Поступление с удобрениями			Баланс	Интенсивность баланса, %
		Минеральное	Органическое	Всего		
N	30.7	2.5	1.2	3.7	-27.0	12
P ₂ O ₅	10.1	0.9	0.6	1.5	-8.6	15
K ₂ O	24.4	0.3	1.7	2.0	-22.4	8
Сумма	65.2	3.7	3.5	7.2	-58.0	11

в период вегетации растений и периодические засухи – возрастает роль сорта и его взаимодействие с технологией возделывания культуры. В 11-ти научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях Сибири активно ведётся селекция яровой пшеницы. За последние 30 лет (1977–2007 гг.) в Госреестр РФ включено 63 новых сорта мягкой и 9 – твёрдой пшеницы (Рутц, Кашеваров, 2008). Примечательно, что сорта сибирской селекции занимают в настоящее время 95% всех посевов яровой пшеницы в регионе. Прогресс селекции за этот период по урожайности мягкой пшеницы составил 50%, твёрдой – 35%, по параметрам качества зерна, соответственно, 14–25% и 9–20% (Gamzikov, 1997; Рутц, Кашеваров, 2008). Современные сорта яровой пшеницы обладают высоким потенциалом урожайности (3.5–7.0 т/га) и хорошим качеством зерна (масса 1000 зёрен – 40–50 г, натура – 780–820 г/л, белок – 15–18%, клейковина – 32–40%). Большинство сортов, допущенных в производство за последние 8 лет обладают комплексным иммунитетом к патогенам, устойчивы к бурой ржавчине, мучнистой росе и пыльной головне.

Сибирские ученые активно проводят исследования в области нового научного направления – генетики минерального питания яровой пшеницы, результаты которых позволили получить принципиально новую информацию о генетическом контроле над поглощением и использованием макро- и микроэлементов высшими растениями (Гамзикова, 2008). Идентифицированы конкретные геномы, хромосомы, гены и цитоплазмы, контролирующие поглощение и использование макро- и микроэлементов растениями пшеницы. На основе экспериментальных данных разработана концепция и методология создания агрохимически эффективных генотипов, которые лучше, чем современные сорта будут использовать элементы как почвенного плодородия, так и вносимых удобрений.

В современных условиях и на ближайшую перспективу яровая пшеница является и останется доминирующей сельскохозяйственной культурой сибирского земледелия. Получение стабильно высоких урожаев качественного зерна этой культуры будет зависеть от реализации товаропроизводителями технологий, рекомендованных аграрной наукой. Безусловно, последнее достижимо только при соответствующем развитии экспорта зерна из Сибири и выгодных закупочных ценах на него для сельхозпроизводителей.

Гамзиков Г.П. – профессор кафедры почвоведения и агрохимии Новосибирского ГАУ, заведующий лабораторией современных проблем экспериментальной

агрохимии, доктор биологических наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РАСХН; e-mail: gamolgen@rambler.ru.

Носов В.В. – Директор программы на Юге и Востоке России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Литература

Федеральная Служба Государственной Статистики (РОССТАТ). 2010. <http://www.gks.ru>

Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. 2005. ВНИИА, Москва. 183 с.

Гамзиков Г.П. 1981. Азот в земледелии Западной Сибири. Наука, Москва. 268 с.

Gamzikov G.P. 1997. Wheat breeding strategies and cultivation technologies in Siberia. In: H.-J. Braun *et al.* (eds.) *Wheat: Prospects for Global Improvement*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 55–59.

Гамзиков Г.П., Храмов И.Ф., Каличкин В.К. 2008. Современные проблемы развития агрохимии Сибири. Материалы годового общего собрания Сибирского отделения Россельхозакадемии. РАСХН, Сиб. отд-ние, Новосибирск. С. 58–78.

Гамзикова О.И. 2008. Этюды по физиологии, агрохимии и генетике минерального питания растений. Агрос, Новосибирск. 372 с.

Рутц Р.И., Кашеваров Н.И. 2008. Некоторые концептуальные подходы к вопросам совершенствования селекции и семеноводства в Сибири. Материалы годового общего собрания Сибирского отделения Россельхозакадемии. РАСХН, Сиб. отд-ние, Новосибирск. С. 26–47.

Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. 2006. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири. Изд-во ОмГАУ, Омск. 396 с.

