



Питание растений

Вестник Международного института питания растений

Восточная Европа и Центральная Азия

№4, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Производство зерна пшеницы и применение минеральных удобрений в мире.....2

Использование результатов многолетних полевых опытов, проводимых в зерновых севооборотах, для повышения плодородия почв и совершенствования технологии возделывания пшеницы.....5

Изменение климата и реакция растений пшеницы на повышение содержания углекислого газа в атмосфере, прогнозируемое в будущем.....10

Система применения удобрений под пшеницу в условиях изменчивого климата....12

Фотоконкурс «Дефицит элементов питания у с/х растений»-2012.....16

Научно-практическая литература.....17

Обзор научных публикаций.....18

Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку
e-mail: sivanova@ipni.net

Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России
e-mail: vnosov@ipni.net

Бесплатная подписка: ipni-eeca@ipni.net

125466 Россия, Москва,
ул. Ландышева, д. 12, вл. 17
тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: <http://www.ipni.net>
<http://eeca-ru.ipni.net>

e-mail: ipni-eeca@ipni.net

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений



Уважаемый читатель, в этом номере вестника мы публикуем статьи об оптимизации систем применения минеральных удобрений под пшеницу. Пшеница – основная сельскохозяйственная культура не только в России, но и во всем мире. От уровня производства зерна пшеницы во многом зависит экономическая и социальная стабильность во многих регионах мира, и в особенности в развивающихся странах. Россия относится к числу стран, которые имеют реальную возможность увеличить производство зерна пшеницы, главным образом, за счет достижения более высокой и устойчивой урожайности. Однако основные посевные площади под пшеницей в России расположены в зоне рискованного земледелия, поэтому в настоящее время уровень производства пшеницы в России во многом зависит от погодных условий конкретного года. В то же время в странах с более развитыми агротехнологиями уже выработаны подходы и стратегии, а также соответствующие агрономические приемы, которые позволяют минимизировать риски и регулировать уровень применения минеральных удобрений в зависимости от погодных условий года. Хороший тому пример – Австралия, где уже на протяжении нескольких десятилетий происходят засухи. Опыт австралийских фермеров по адаптации агротехнологий для производства пшеницы в условиях неустойчивого климата и частых засух может быть полезен и для российских производителей зерна. В этом номере мы собрали статьи о результатах научно-практических исследований, проведенных в разных регионах мира, для того чтобы дать возможность нашим читателям ознакомиться с подходами и стратегиями, которые могут быть адаптированы и использованы в зернопроизводящих странах Восточной Европы.



С уважением,
Светлана Иванова,
Вице президент по Восточной Европе, Центральной Азии и Ближнему Востоку.

Приглашаем к сотрудничеству переводчиков (английский язык) для письменных переводов научно-популярных статей.

Обязательное условие - высшее образование по специальностям: почвоведение, агрохимия, агрономия, физиология растений, или любая другая специальность в области биологии.



Присылайте Ваше резюме на ipni-eeca@ipni.net.



Производство зерна пшеницы и применение минеральных удобрений в мире

С. Филлипс, Р. Нортон

С 60-х годов 20-го века мировое производство зерна пшеницы увеличилось более чем в два с половиной раза в результате применения более совершенных агротехнологий, улучшенных сортов, а также более сбалансированного питания растений. В то же время, для того, чтобы удовлетворить растущий спрос на продукты питания применение минеральных удобрений в мировом сельском хозяйстве увеличилось в 4,3 раза. По экспертным оценкам, в настоящее время для производства 647 млн. т зерна пшеницы сельхозпроизводители вносят около 15% минеральных удобрений, применяемых во всем мире.

Мировое производство зерна пшеницы

Мировое производство зерна основных зерновых культур – пшеницы, кукурузы и риса, составляет 647, 814 и 441 млн. т, соответственно (FAOstat, 2012). Однако, в то время как большая часть урожая кукурузы используется для производства кормов для животных и биотоплива, 93% риса потребляется в стране-производителе. Пшеница – одна из основных продовольственных культур в мире, обе-

спечивающая 20% энергии в рационе человечества. Кроме того, пшеница – основной источник белка в развивающихся странах (Braun et al., 2010). В период с 2006 по 2010 гг. объем продаж мирового рынка зерна пшеницы был на уровне 135 млн. т в год (табл. 1), при этом 71% зерна было выращено в США, Франции, Канаде, Австралии, России и Аргентине.

Потребность в пшенице возрастает из-за быстрого роста населения в развивающихся странах и, как ожидается, увеличится на 60% к 2050 г. (Rosegrant and Agcaoili, 2010). В последние 20 лет средний рост

Таблица 1. Производство зерна пшеницы, посевная площадь, урожайность и внесение минеральных удобрений в 20-ти ведущих странах-производителях (FAOstat, 2012; Heffer, 2009; IFADATA, 2012)

Страна	Производство зерна, млн. т	Посевная площадь, млн. га	Экспорт, млн. т	Урожайность, т/га	Удобрения, внесенные под пшеницу (2006–2007 гг.), тыс. т д.в.			Всего внесено удобрений, тыс. т д.в.
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Китай	112.10	23.90	0.77	4.69	4.258	1.194	255	49.513
Индия	77.02	27.76	0.16	2.77	2.892	1.109	187	23.906
США	58.70	20.32	27.11	2.89	1.604	568	224	18.795
Россия	52.26	24.18	12.60	2.15	402	169	70	2.055
Франция*	36.73	5.31	16.03	6.92	619	240	206	3.249
Канада	24.79	9.25	17.01	2.67	591	173	36	2.770
Германия*	23.71	3.17	6.42	7.47	458	117	129	2.253
Пакистан	22.57	8.75	0.13	2.58	1.004	345	15	3.829
Турция	19.06	8.15	0.27	2.34	584	252	15	1.925
Украина	18.30	6.31	6.43	2.86	**	**	**	955
Австралия	17.92	13.04	13.88	1.36	263	284	28	1.908
Великобритания*	14.83	1.93	2.36	7.66	549	89	87	1.462
Казахстан	13.83	12.98	4.09	1.07	**	**	**	55
Иран	13.40	6.47	0.06	2.05	414	179	48	1.614
Аргентина	12.68	4.69	8.73	2.70	280	165	1	1.321
Польша*	8.79	2.26	0.76	3.87	591	176	140	1.968
Египет	7.87	1.26	0.00	6.27	302	35	10	1.409
Италия*	7.29	2.00	0.21	3.65	190	141	81	1.128
Испания*	5.80	1.89	0.48	3.06	515	199	114	1.558
Румыния	5.35	2.05	1.14	2.59	150	24	7	397
Всего в мире	647.30	218.60	134.78	2.96	16.614	6.261	1.617	161.313

*Количество минеральных удобрений, внесенных под пшеницу в каждой из 27 стран ЕС, оценивалось из средней потребности культуры в удобрении (Heffer, 2009) и общего количества удобрений, внесенных в каждой стране за год.

** Нет данных.

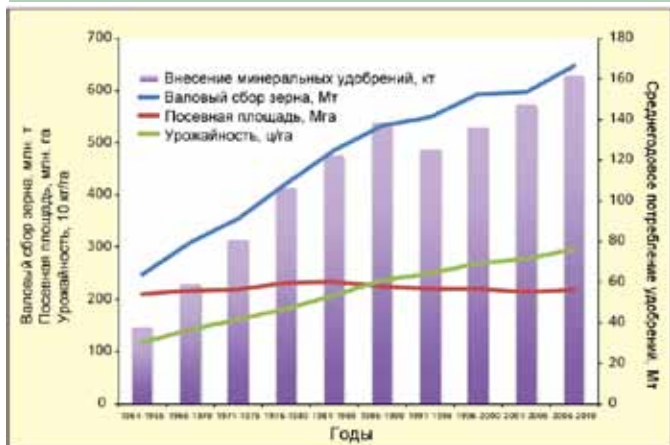


Рис.1. Производство зерна пшеницы, посевные площади, урожайность, и потребление минеральных удобрений (1961–2010 гг.) (FAOstat, 2012; IFADATA, 2012).

валового сбора зерна пшеницы в мире составлял около 1% в год (рис. 1), но это значительно меньше, чем 3,3% ежегодного роста в период «зеленой революции» между 1960 и 1990 гг. При этом общая посевная площадь под пшеницей в мире существенно не менялась и оставалась на уровне 215 млн. га. Таким образом, увеличение производства зерна пшеницы происходило за счет роста урожайности (рис. 1). Для удовлетворения растущего спроса на зерно пшеницы в мире ежегодное увеличение его производства должно идти со скоростью, наблюдаемой в период после «зеленой революции» (рис. 1). Частично рост производства может быть достигнут за счет достижений генетики, однако необходимо также совершенствовать агротехнологии для того, чтобы уменьшить разрыв между потенциальной и реальной урожайностью.

История производства зерна пшеницы (1961–2010 гг.)

По сравнению с периодом 1961–65 гг. мировое производство зерна пшеницы увеличилось в 2,5 раза к 2010 г. Между 1961 и 1980 гг. Советский Союз производил около 24% мирового валового сбора зерна пшеницы, что составляло чуть более 80 млн. т/год (рис. 2). США были вторым крупнейшим производи-

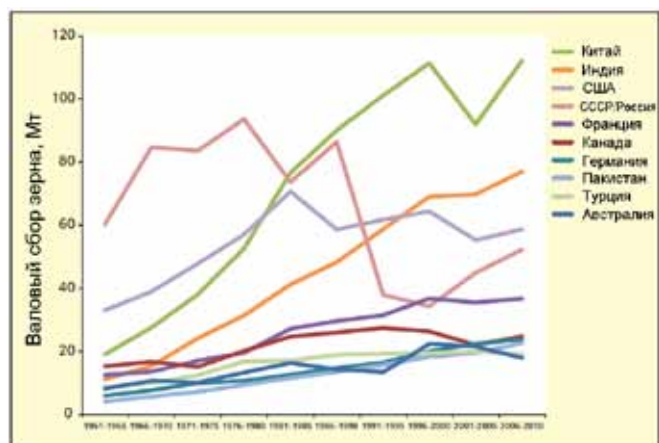


Рис.2. Производство зерна пшеницы в 10-ти ведущих странах-производителях в 1961–2010 гг. (FAOstat, 2012). Приведенные данные соответствуют средним величинам для каждого 5-летнего периода.

телем зерна пшеницы в этот период, собирая в среднем 13% мирового валового сбора зерна (44 млн. т/год). В 80-х годах 20-го века Китай достиг и продолжает удерживать сейчас первое место в мировом производстве зерна пшеницы, собирая в среднем в 2006 - 2010 гг. 112 млн. т зерна в год (рис. 2). Доли Индии и Пакистана в мировом производстве зерна также значительно выросли в последние полвека, а Россия после распада СССР осталась крупнейшим производителем пшеницы среди стран бывшего Советского Союза. Наибольшее снижение производства зерна пшеницы произошло в Северной Америке: доли США и Канады упали на 32 и 38% соответственно (рис. 2). Из 132 стран производящих зерно пшеницы в настоящее время, 10 ведущих стран производят около 70% мирового валового сбора зерна пшеницы (рис. 2), а 20 стран производят 85% зерна (табл. 1).

Посевные площади

В мире 70% посевных площадей под пшеницей (144 млн. га) сосредоточены в десяти ведущих странах-производителях (табл. 1). Эта доля остается постоянной с момента распада СССР в начале 90-х годов 20-го века. Начиная с 1995 г., посевные площади под пшеницей увеличились главным образом в России (2,7 млн. га), Австралии (1,6 млн. га) и Индии (1,2 млн. га), несмотря на значительные колебания в размере посевных площадей под пшеницей по годам в зависимости от погодных условий года и экономических причин. В России, начиная с 1996 г., рост посевной площади под пшеницей соответствовал увеличению ее доли в общей посевной площади за тот же период времени, таким образом, наиболее вероятно, что прирост посевных площадей происходил в результате замещения других культур пшеницей. В Австралии тоже наблюдается небольшое увеличение доли посевных площадей под пшеницей. Общая площадь посевов увеличилась на 2,2 млн. га с 1996 г. по 2010 г., в основном за счет земель, ранее используемых в качестве постоянных пастбищ или в севооборотах, что впоследствии привело к значительному снижению поголовья овец. Рост площадей под пшеницей в Индии на 1,2 млн. га также, по-видимому, связан с освоением новых земель, так как доля посевной площади под пшеницей в общей посевной площади в этой стране не менялась за последние 15 лет. В Германии посевная площадь под пшеницей увеличилась на 400 тыс. га за последние 15 лет – это немного относительно общей посевной площади под пшеницей в мире, но соответствует 15%-ному росту посевной площади под пшеницей в этой стране.

Самое значительное снижение посевных площадей под пшеницей за тот же период времени произошло в Китае (-5,1 млн. га), США (-3,3 млн. га), Канаде (-1,9 млн. га) и Турции (-1,2 млн. га) (рис. 3). В Китае, США и Канаде это снижение соответствовало уменьшению доли посевной площади под пшеницей в общей посевной площади, что указывает на замещение пшеницы другими сельскохозяйственными культурами. В тоже время в Турции доля посевной площади под пшеницей в общей посевной площади не изменилась

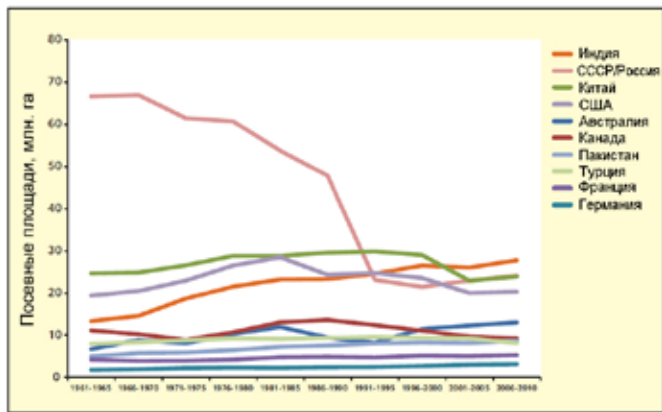


Рис.3. Посевные площади под пшеницей в 10-ти ведущих странах-производителях в 1961–2010 гг. (FAOstat, 2012). Приведенные данные соответствуют средним величинам для каждого 5-летнего периода.

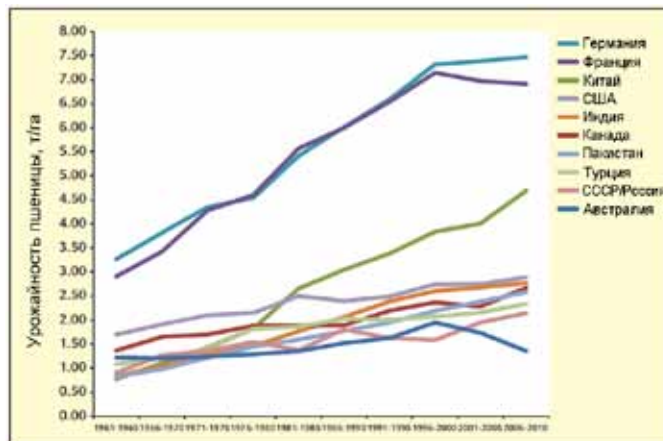


Рис.4. Урожайность зерна пшеницы в 10-ти ведущих странах-производителях в 1961–2010 гг. (FAOstat, 2012). Приведенные данные соответствуют средним величинам для каждого 5-летнего периода.

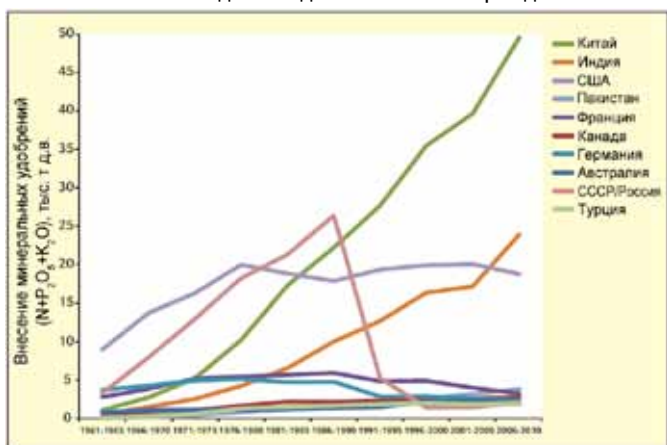


Рис.5. Внесение минеральных удобрений в 10-ти ведущих странах-производителях пшеницы в 1961–2010 гг. (FAOstat, 2012). Приведенные данные соответствуют средним величинам для каждого 5-летнего периода.

из-за уменьшения общей посевной площади в стране.

Эти изменения в посевных площадях, занятых пшеницей, могут объяснить, по крайней мере, отчасти, рост общего производства зерна пшеницы в Индии, России и Германии, а также его снижение в США и Канаде.

Урожайность

Изменения валового сбора зерна в мире по годам, не связанные с соответствующими изменениями в размере посевных площадей, наиболее вероятно, происходят в результате роста или снижения урожайности. Среднемировая урожайность зерна пшеницы удвоилась с 1.2 т/га в 1961 г. до 2.4 т/га в 1990 г. (рис. 1). Далее урожайность продолжала расти, хотя и меньшими темпами – с 2.4 т/га в 1990 г. до 3.0 т/га в 2010 (рис. 1). Рост урожайности пшеницы в десяти ведущих странах-производителях представлен на рис. 4. В десятке ведущих стран-производителей пшеницы самая высокая урожайность всегда была в Германии и Франции. Однако в последнее десятилетие рост урожайности в Германии значительно замедлился, а урожайность во Франции несколько снизилась. В Китае урожайность пшеницы в предыдущие десятилетия росла примерно такими же темпами, как и в Европе, и продолжает ра-

сти в последние 10 лет. Этот значительный и устойчивый рост урожайности объясняет, почему производство зерна в Китае продолжает расти в последние 15 лет, несмотря на значительное сокращение площадей, занятых пшеницей.

Средняя урожайность зерна пшеницы в Канаде также быстро увеличивалась в течение последних десяти лет, но из десятки ведущих производителей только в Германии, Франции и Китае урожайность зерна превышает средний мировой уровень (табл. 1). В Пакистане, России и Турции урожайность зерна растет примерно так же, как в среднем в мире – на 1% в год, но остается ниже среднемирового по абсолютной величине, по крайней мере, на 0,5 т/га. Однако этого роста урожайности оказалось достаточно для увеличения общего производства в Пакистане и России, а также поддержания уровня производства в Турции, несмотря на сокращение посевных площадей под пшеницей в этой стране. В Индии и США урожайность близка к среднему мировому уровню, составляющему 3,0 т/га, но скорость роста все еще ниже 1% в год. Из-за 10-летней засухи в Австралии урожайность снизилась примерно на 2.2% в год в период с 1996 по 2000 г. Это падение частично объясняет снижение общего производства в Австралии, несмотря на недавнее расширение посевных площадей под пшеницей.

Применение минеральных удобрений при выращивании пшеницы

Общее количество минеральных удобрений (N, P₂O₅, K₂O), применяемых при выращивании пшеницы в десятке ведущих стран-производителей, составляет около 18 млн. т д.в. в год (табл. 1). Суммарное годовое потребление минеральных удобрений для выращивания всех сельскохозяйственных культур в мире выросло с 37 млн. т д.в. (N+P₂O₅+K₂O) в год в период с 1961 по 1965 до 161 млн. т д.в. в 2005–09 гг. (рис. 1). Начиная с 1990 г., потребление минеральных удобрений выросло для всех сельскохозяйственных культур, в том числе, вероятно, и для пшеницы, хотя данные по внесению минеральных удобрений по культурам были опубликованы только в 2009 г.

(Heffer, 2009). Таким образом, производство пшеницы потребляет около 15% от общего количества применяемых минеральных удобрений в мире, при этом 83% минеральных удобрений под пшеницу были внесены в 10 ведущих странах-производителей.

В период между 1991 и 1995 г. Франция и Германия начали сокращать применение минеральных удобрений, и в настоящее время вносят удобрений меньше, чем в начале 90-х годов 20-го века на 34 и 23% соответственно. (рис. 5). Австралия также сократила применение удобрений под пшеницу на 18% по сравнению с 2000 г. Самый значительный рост в применении удобрений произошел в Индии, Пакистане, России и Китае – на 40–46% за последние 15 лет (рис. 5). В Канаде и Турции применение удобрений в последние годы остается почти стабильным, а в США оно сократилось на 6% по сравнению с периодом 1996–2000 г. Из-за отсутствия данных по внесению минеральных удобрений по каждой с/х культуру, невозможно сделать вывод о том, под какие культуры были снижены дозы внесения.

В Китае, Пакистане и России периоды роста урожайности совпадают с периодами роста применения минеральных удобрений, что подтверждает значительную роль достаточного питания растений для достижения стабильной урожайности пшеницы. Однако соотношение между увеличением количества применяемых минеральных удобрений и соответствующим ростом урожайности зерна пшеницы свидетельствует о неоптимальном уровне применения удобрений в этих странах в настоящее время. Дозы удобрений – только один из компонентов стратегии «4-х правил применения удобрений», которая включает внесение необходимых видов удобрений в оптимальной дозе, наиболее подходящем способом в нужное место и время. Эти правила зависят друг от друга, и если хоть одно из них нарушено, то и другие не могут быть выполнены.

Использование результатов многолетних полевых опытов, проводимых в зерновых севооборотах, для повышения плодородия почв и совершенствования агротехники возделывания пшеницы

Б. Арналл, Ф. Гарсия

Многолетние полевые опыты проводятся по всему миру, и их результаты широко используются. К сожалению, по разным причинам количество длительных полевых опытов постоянно сокращается. Получаемые в этих опытах ценнейшие данные можно сравнить с «золотыми самородками», так как они позволяют совершать новые интересные открытия. В данной статье приведено несколько подобных примеров – проанализированы результаты многолетних полевых опытов с пшеницей, которые проводятся в Канаде, США и Аргентине.

Север Великих равнин

В 1967 г. на юго-востоке провинции Саскачеван (Канада) вблизи г. Свифт-Каррент был заложен полевой опыт, который называют «Ста-

Заключение

Основным фактором, определявшим рост производства зерна пшеницы в мире, было увеличение урожайности, а не посевных площадей. Среди мер, направленных на улучшение технологии возделывания пшеницы и способствовавших росту урожайности, было увеличение применения минеральных удобрений. Благодаря этому урожайность возросла, но для поддержания высокого уровня производства зерна пшеницы в мире будет необходимо постоянно пересматривать дозы внесения минеральных удобрений. Вызов будет состоять в том, чтобы добиться увеличения производства продуктов питания в будущем, применяя минеральные удобрения рационально.

Д-р Филлипс – региональный директор программы IPNI по юго-востоку США; sPhillips@ipni.net.

Д-р Нортон – региональный директор программы IPNI по Австралии и Новой Зеландии; e-mail: rnorton@ipni.net.

Литература

- Braun, H.J., G. Atlin, and T. Payne. 2010. In: Reynolds, C.R.P. (ed.). *Climate change and crop production*, CABI, London, UK.
- FAOSTAT. 2012. [online] available at <http://faostat.fao.org>.
- Heffer, P. 2009. *International Fertilizer Industry Association*. Paris, France
- IFADATA, 2012. [online] available at <http://www.fertilizer/Homepage/STATISTICS>.
- Rosegrant, M.W. and M. Agcaoili. 2010. *International Food Policy Research Institute*, Washington, D.C., USA.

Перевод с английского и адаптация: Иванова С.Е.

рым севооборотом» («Old Crop» rotation). Свифт-Каррент расположен в наиболее засушливой части канадских прерий, где вегетационный период очень короткий из-за длительных и холодных зим (Pelton et al. 1967). В данной статье рассматривает-

ся четыре из 12-ти вариантов, изначально заложенных в 1967 г.: внесение азотно-фосфорных и одних фосфорных удобрений под бессменную пшеницу («монокультура-NP», «монокультура-P») и в севообороте пар – пшеница – пшеница («севооборот-NP», «севооборот-P»). В вариантах с внесением фосфорных удобрений в почву ежегодно поступает 9-10 кг P/га. Приводимые ниже данные и графические зависимости были опубликованы Селлесом с соавт. (Selles et al., 2011).

Для анализа временных трендов полученные данные были сгруппированы по трем периодам, выделенным с учетом степени дефицита влаги: 1967-1979, 1980-1993 и 1994-2005 гг. Содержание подвижного фосфора (в слое почвы 0-15 см), определяемого по методу Олсена, достоверно изменялось по вариантам опыта за вышеуказанные три периода. В течение первых 12-ти лет между рассматриваемыми вариантами не было различий. Они

появились во время 2-го периода – содержание подвижного фосфора в почве достоверно повысилось под бессменной пшеницей по сравнению с севооборотом, поскольку в первом случае фосфорные удобрения применялись чаще. В 3-ем периоде содержание подвижного фосфора в почве было достоверно ниже в варианте «севооборот-NP» по сравнению с остальными вариантами опыта. Положительный баланс фосфора (внесение с удобрениями минус вынос с зерном) был значительно выше при монокультуре пшеницы, чем в севообороте. За рассматриваемый период под бессменную пшеницу было внесено на 43 кг P/га больше по сравнению с севооборотом. Баланс фосфора в севообороте значительно ухудшился во 2-ом периоде, если сравнивать с 1-ым периодом, и также был значительно хуже, чем под бессменной пшеницей. К 3-ему периоду варианты «севооборот-P» и «монокультура-NP» характеризовались одинаково положительным балансом фосфора, а наиболее высокие показатели баланса наблюдались в варианте «монокультура-P». В рассматриваемом периоде баланс фосфора стал отрицательным в варианте «севооборот-NP», однако содержание подвижного фосфора в почве все еще достоверно превышало исходное значение при закладке опыта.

Для запасов подвижного фосфора в почве (метод Олсена) были также проанализированы временные изменения (рис. 1). В течение первых 20-ти лет опыта во всех вариантах наблюдался линейный положительный тренд. В дальнейшем восходящий тренд сохранился только при внесении одних фосфорных удобрений – в вариантах «монокультура-P» и «севооборот-P». При этом запасы подвижного фосфора в почве увеличивались соответственно на 0.68 и 0.45 кг P/га/год. При внесении азотно-фосфорных удобрений восходящий линейный тренд, наблюдавшийся в течение первых 20-ти лет опыта, обеспечивал прирост на 0.64 и 0.56 кг P/га/год соответственно в вариантах «монокультура-NP» и «севооборот-NP», а затем запасы подвижного фосфора в почве стабилизировались (рис. 1).

Во многих длительных полевых опытах за счет расщепления опытных делянок можно ввести дополнительные варианты, что и было сделано в опыте «Старый севооборот». В 1993 г. исследователи решили расщепить делянки вариантов с внесением фосфорных удобрений, чтобы добавить новые варианты – без последующего внесения фосфора. Прекращение применения фосфорных удобрений не отразилось на урожайности зерна пшеницы, возделываемой в севообороте, однако при бессменном выращивании урожайность зерна снизилась на 10% (табл. 1). Селлес с соавт. (Selles et al., 2011) отмечали, что снижение урожайности при бессменных посевах не было постоянным, однако как в варианте «монокультура-NP», так и в варианте «монокультура-P» при прекращении внесения фосфора было 2 года, когда урожайность снизилась более чем на 35%.

Результаты опыта свидетельствуют о том, что остаточный фосфор удобрений, накопленный в по-

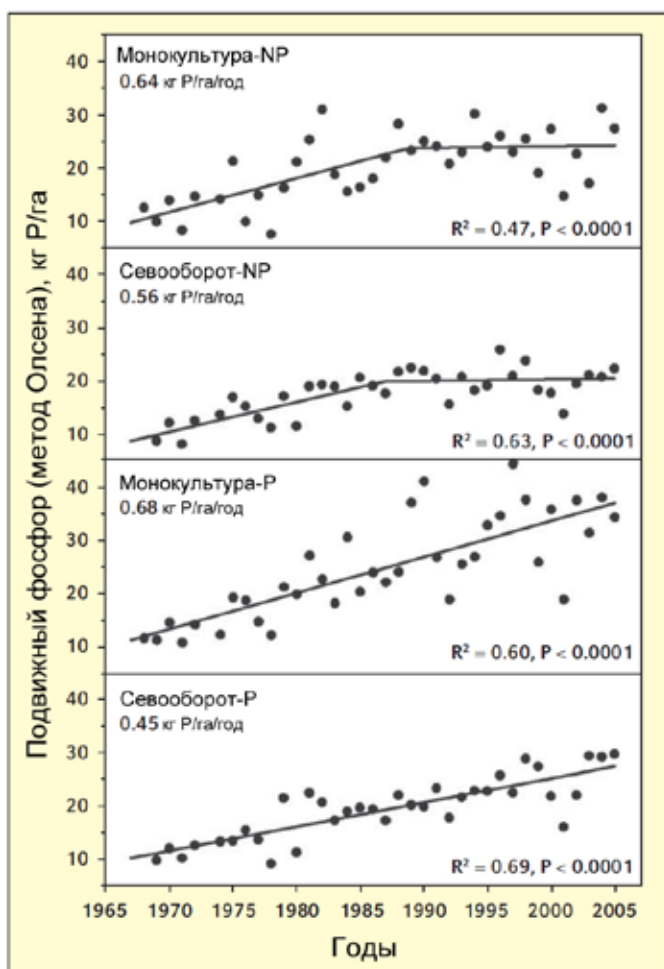


Рис. 1. Тенденции изменения запасов подвижного фосфора в почве (метод Олсена) за 1967-2005 гг. в изначально заложенных вариантах многолетнего опыта (Канада). [Уравнения зависимостей: «монокультура-NP» при ≤ 22 лет: $y = 9.9 + 0.64 \times \text{количество лет}$, далее: $y = 9.9 + 0.64 \times \text{количество лет} - 0.61 \times (\text{количество лет} - 22)$; «севооборот-NP» при ≤ 20 лет: $y = 8.9 + 0.56 \times \text{количество лет}$, далее: $y = 8.9 + 0.56 \times \text{количество лет} - 0.59 \times (\text{количество лет} - 20)$; «монокультура-P»: $y = 11.5 + 0.68 \times \text{количество лет}$; «севооборот-P»: $y = 10.4 + 0.45 \times \text{количество лет}$]. Рисунки из публикации Селлеса с соавт. (Selles et al., 2011).

Таблица 1. Изменение суммарного сбора зерна пшеницы за период 1994-2005 гг. после прекращения внесения фосфорных удобрений в многолетнем опыте (Канада).

Вариант опыта	Сбор зерна, т/га	
	Фосфор продолжал вноситься	Фосфор перестал вноситься
Монокультура-NP	29.1	26.3*
Монокультура-P	19.8	18.7*
Севооборот-NP	21.3	21.0
Севооборот-P	18.0	16.8
НСР	1.8	

* Достоверные различия между вариантами с внесением и прекращением внесения фосфора при $P < 0.05$.

чве в течение предыдущих 27-ми лет (1967-1993 гг.), оставался в легкодоступных для растений формах. Это подтверждает вывод, согласно которому невнесение фосфорных удобрений на почвах с высокими остаточными запасами фосфора редко ведет к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур (Selles et al., 2011).

Центр Великих равнин

В штате Оклахома (США) проводится несколько длительных полевых опытов с озимой пшеницей, включая так называемые «делянки Магрюдера» (Magruder Plots). Это старейший длительный полевой опыт с пшеницей на Западе США – регионе, расположенном к западу от р. Миссисипи. Приводимые ниже данные были получены в многолетнем полевом опыте с внесением NPK под бессменную озимую пшеницу, заложенном на северо-западе штата Оклахома в 1971 г. В своем обобщении мы остановимся на результатах, полученных в 6-ти вариантах опыта с внесением возрастающих доз азота – от 0 до 112 кг/га с шагом 22.4 кг. В каждом варианте ежегодно вносится 20 кг P/га и 56 кг K/га.

За более чем 30-летний период урожайность зерна в варианте без внесения азота изменялась в диапазоне 0.75-2.84 т/га, составив в среднем 1.78 т/га. В варианте с внесением 112 кг N/га (самая высокая доза азота) минимальная урожайность составила 1.42 т/га, а максимальная – 5.94 т/га при среднем значении за 30 лет, равном 2.96 т/га. Стандартное отклонение урожайности в указанных двух вариантах опыта составило соответственно 0.55 и 1.00 т/га. Для того, чтобы показать общие тенденции, мы сгруппировали результаты опыта по 5-летним периодам. В первую очередь рассмотрим прибавку урожайности при применении азотных удобрений, которая рассчитывалась как разница в урожайности между вариантами с внесением и без внесения азота. Прибавка урожайности от внесения азота увеличивалась со временем, за исключением начала 1980-х гг. (рис. 2). Если для каждого 5-летнего периода сопоставить максимальную урожайность, полученную в благоприятный год (вариант

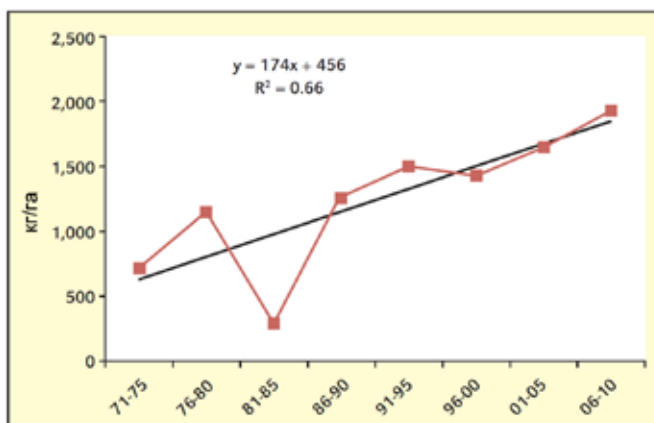


Рис. 2. Прибавка урожайности от внесения азота по 5-летним периодам в многолетнем опыте (США). Расчет прибавки: урожайность в варианте с внесением азота в дозе 112 кг N/га минус урожайность в варианте N0.

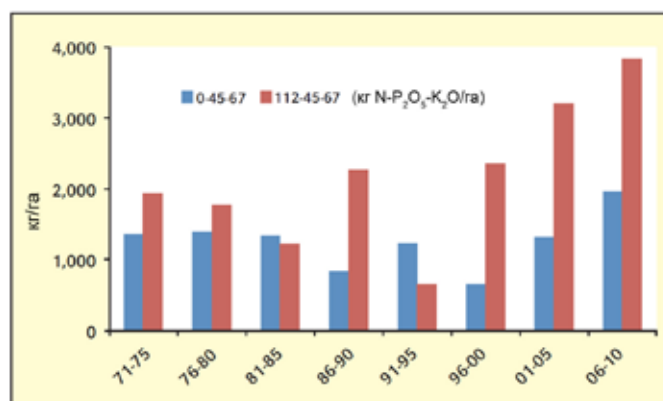


Рис. 3. Разница между максимальной и минимальной урожайностью для 5-летних периодов многолетнего опыта (США).

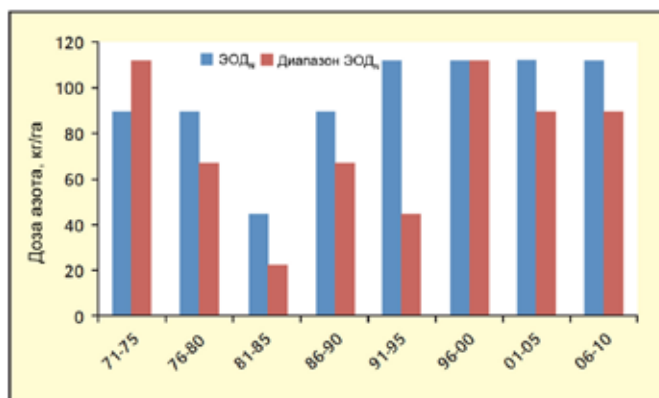


Рис. 4. Экономически оптимальная доза азота (ЭОД_N) и ширина диапазона ЭОД_N для 5-летних периодов многолетнего опыта (США).

N112P45K67), и минимальную урожайность, полученную в неблагоприятный год (вариант P45K67), то также отмечается рост прибавки урожайности от азота со временем. За последние три периода (1995-2000, 2001-2005 и 2006-2010 гг.) вышеуказанная разница в урожайности составила соответственно 2.36, 3.20 и 3.83 т/га (рис. 3). Полученные результаты свидетельствуют о том, что вероятность как избыточного внесения, так и недовнесения азота повышается с увеличением вариабельности такого показателя, как вынос азота из почвы с урожаем. Экономически оптимальная доза азота (ЭОД_N)

рассчитывалась ежегодно. Анализ, проведенный по 5-летним периодам, показывает, что ЭОД_N не меняется с начала 1990-х гг., оставаясь равной 112 кг N/га (рис. 4). Однако, с конца 1990-х гг. ширина диапазона ЭОД_N для 5-летних периодов достигает 90 кг N/га и даже больше (рис. 4).

В штате Оклахома доза азота рассчитывается на планируемую урожайность озимой пшеницы, которая определяется по формуле: средняя урожайность за предыдущие 5 лет плюс 20-процентный прирост. Использование данного подхода привело к избыточному внесению 1672 кг N/га за период 1976-2011 гг. Расчет доз азота, исходя из ЭОД_N для 5-летних периодов, снизил бы избыточное внесение азота до 1187 кг N/га или на 30% по сравнению с общепринятым подходом.

Результаты длительного опыта свидетельствуют не только об увеличении потенциала урожайности озимой пшеницы на Великих равнинах, но и о повышении отзывчивости растений на применение азотных удобрений со временем. Данное повышение произошло в основном благодаря селекции новых улучшенных сортов озимой пшеницы и совершенствованию технологий ее выращивания. Что еще более важно, изучена временная вариабельность таких показателей, как максимальная урожайность и потребность растений в азоте при данном уровне урожайности. Полученные результаты указывают на необходимость проведения диагностики питания растений в период вегетации для того, чтобы скорректировать дозу азота, исходя из состояния растений и почвенно-климатических условий.

Пампасы Аргентины

Исследования, проводимые в пампасах Аргентины, – наименее длительные из рассматриваемых в данной статье полевых опытов. В отличие от двух вышеописанных примеров, проект по изучению плодородия почв в Аргентине включает 11 опытов, которые проводятся на фермерских полях. Опыты входят в Сеть по питанию растений Региональных консорциумов по сельскохозяйственным исследованиям (Regional Consortia for Agricultural Experimentation, CREA) Юга провинции Санта-Фе и проводятся в трех провинциях: Санта-Фе, Кордова и Буэнос-Айрес. CREA – это объединение фермеров, задача которого состоит в разработке технологий возделывания сельскохозяйственных культур, изучения способов обработки почвы и систем управления агротехнологиями в хозяйстве. Распространение полученной информации – это также одна из задач данной организации.

Мы разделили 11 опытов на 2 группы в соответствии с севооборотами: кукуруза – пшеница/соя (пожнивная соя) и кукуруза – соя – пшеница/соя. В опытах изучается 6 вариантов: 1) контроль, 2) PS, 3) NS, 4) NP, 5) NPS и 6) полное удобрение (NPS + K, Mg, B, Cu и Zn). Дозы внесения элементов питания под зерновые культуры на 10% превышают вынос элементов питания из почвы с урожаем зерна, за исключением азота, дозы которого рассчитываются в соответ-

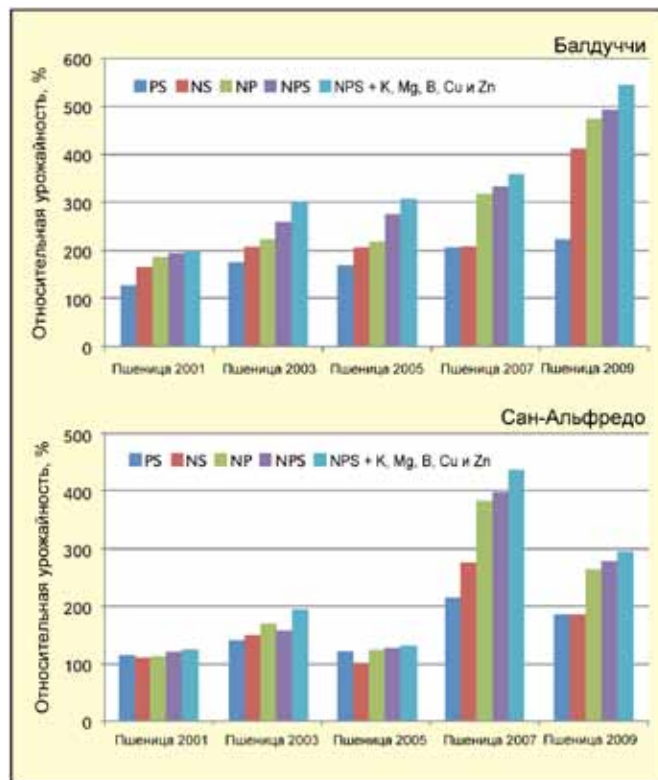


Рис. 5. Относительная урожайность зерна пшеницы в вариантах с внесением удобрений при возделывании в севообороте кукуруза – пшеница/соя: опыты в Балдуччи и Сан-Альфредо (Аргентина). Урожайность в контроле принята за 100%.

ствии с региональными рекомендациями, исходя из содержания нитратного азота в почве при посеве.

Гарсия с соавт. (García et al., 2007) опубликовал обобщение результатов опытов за первые 6 лет с момента закладки в 2000 г. или за 33 опытолет для пшеницы: 5 сезонов возделывания в опытах с севооборотом кукуруза – пшеница/соя и 3 сезона – в опытах с севооборотом кукуруза – соя – пшеница/соя. Была проанализирована взаимосвязь между отзывчивостью растений на внесение элементов питания с удобрениями и обеспеченностью почвы данными элементами питания. Из 33-х опытолет 16 характеризовались значимой прибавкой урожайности от внесения азота; 25 – фосфора; 6 – серы; 20 – азота, фосфора и серы и 4 – остальных элементов питания (García et al., 2010).

Прибавка урожайности от внесения азота значительно коррелировала с содержанием нитратного азота в почве при посеве (в слое 0-60 см), а также с содержанием нитратного азота в соке растений в фазу кущения. Для получения урожая зерна пшеницы в 4 т/га сумма запасов нитратного азота в почве при посеве и азота, вносимого с удобрениями, должна составлять 130-140 кг N/га. В 95% опытов при содержании подвижного фосфора, определяемого по методу «Брей 1», менее 15 мг P/кг почвы растения отзывались на внесение фосфорных удобрений. К аналогичному выводу пришли Берардо (Berardo, 1994) и Замунер с соавт. (Zamuner et al., 2004), проводившие исследования в южной части пампасов. Критический диапазон содержания подвижного фосфора в почве составил 15-20 мг P/кг почвы. Не было выявлено взаимосвязи

между прибавкой урожайности пшеницы от внесения серы и содержанием сульфатной серы в почве при посеве, как это наблюдалось в других полевых опытах, проведенных в пампасах Аргентины (García, 2004). В тоже время была установлена взаимосвязь между прибавкой урожайности кукурузы от внесения серы и содержанием сульфатной серы в почве при посеве (в слое 0-20 см).

Разница в урожайности пшеницы между удобренными вариантами и контролем со временем увеличилась, позволяя тем самым предположить, что, помимо изменений в содержании подвижного фосфора, произошли и другие изменения в состоянии почвенного плодородия. Увеличение вышеуказанной разницы связано не только со снижением урожайности в контрольном варианте, но также и с ростом урожайности в удобряемых вариантах. На рис. 5 показан рост отзывчивости пшеницы на внесение удобрений со временем, наблюдавшийся в двух полевых опытах с севооборотом кукуруза – пшеница/соя.

Разница в содержании подвижного фосфора (метод «Брей 1») между вариантами с внесением и без внесения фосфорных удобрений со временем увеличивалась. Обобщение результатов исследований за 10 лет (2000-2011 гг.) свидетельствует о ежегодном повышении содержания подвижного фосфора на 1.9-3.1 мг P/кг почвы в вариантах опытов с внесением фосфорных удобрений. В вариантах с внесением азотно-серных удобрений содержание подвижного фосфора снижалось на 0.50-1.0 мг P/кг почвы в год.

Выводы

Согласно результатам многолетнего полевого опыта, проводимого в условиях юго-запада канадских прерий с низким количеством осадков («Старый севооборот», г. Свифт-Каррент, Канада), фосфор удобрений может оставаться в почве в подвижной форме при положительном балансе фосфора. Поэтому запасы подвижного фосфора в почве, накопленные за счет систематического внесения фосфорных удобрений в предыдущие годы, могут помочь сельхозпроизводителям в период высоких цен на фосфорные удобрения. Длительный полевой опыт, который проводится в центральной части Великих равнин США (штат Оклахома), позволил выявить изменения как потенциальной урожайности, так и потребности озимой пшеницы в азоте. Опыты на фермерских полях, проводимые CREA (объединения фермеров) в центральной части пампасов Аргентины, продемонстрировали, что определение содержания нитратного азота и подвижного фосфора (метод «Брей 1») в почве позволяет адекватно выявить поля, где следует ожидать отзывчивости растений на применение азотных и фосфорных удобрений. В то же время, определение содержания сульфатной серы в почве дает мало информации о возможной отзывчивости пшеницы на применение серных удобрений. Представленное краткое обобщение результатов длительных полевых опытов,

которые проводятся в Северной и Южной Америке, свидетельствует о глобальной значимости подобных исследований для совершенствования наших представлений о стратегиях повышения плодородия почв и улучшения системы применения удобрений под пшеницу.

Д-р Арналл – ассистент-профессор по точному применению удобрений кафедры растениеводства и почвоведения Университета штата Оклахома (США); e-mail: b.arnall@okstate.edu.

Д-р Гарсия – Директор Международного института питания растений по Югу Латинской Америки; e-mail: fgarcia@ipni.net.

Представленные в данной статье материалы были изначально опубликованы в работе Селлеса с соавт. (Selles F., Campbell C.A., Zentner R.P., Curtin D., James D.C., Basnyat P., 2011) «Эффективность использования фосфора из удобрений и тенденции многолетних изменений в содержании доступного фосфора в почве при системах возделывания пшеницы с применением и без применения азотных удобрений». Канадский журнал по почвоведению (2011), 91: 39-52. Частично перепечатано с разрешения Сельскохозяйственного института Канады.

Литература

- Berardo, A. 1994. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce.
- García, F. 2004. En Actas Congreso "A Todo Trigo". Mar del Plata, Argentina. 13 and 14 May 2004. FCEGAC. pp. 55-62.
- García, F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G.D. Marin, and A. Berardo. 2007. Better Crops Vol 91 3: 11-13.
- García, F., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, I. Ciampitti, A. Correndo, F. Bauschen, A. Berardo and N. Reussi Calvo. 2010. Resultados y conclusiones de los primeros diez años 2000-2009. 2a. ed. AACREA. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-1513-07-9. 64 p.
- Pelton, W.L., C.A. Campbell, and W. Nicholaichuk. 1967. In Proc. of Hydrol. Symp. 6, Soil moisture. National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 241-263.
- Selles, F., C.A. Campbell, R.P. Zentner, D. Curtin, D.C. James, and P. Basnyat. 2011. Can. J. Soil Sci. 91:39-52.
- Zamuner, E., H.E. Echeverría, and L.I. Picone. 2004. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACCS.

Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.

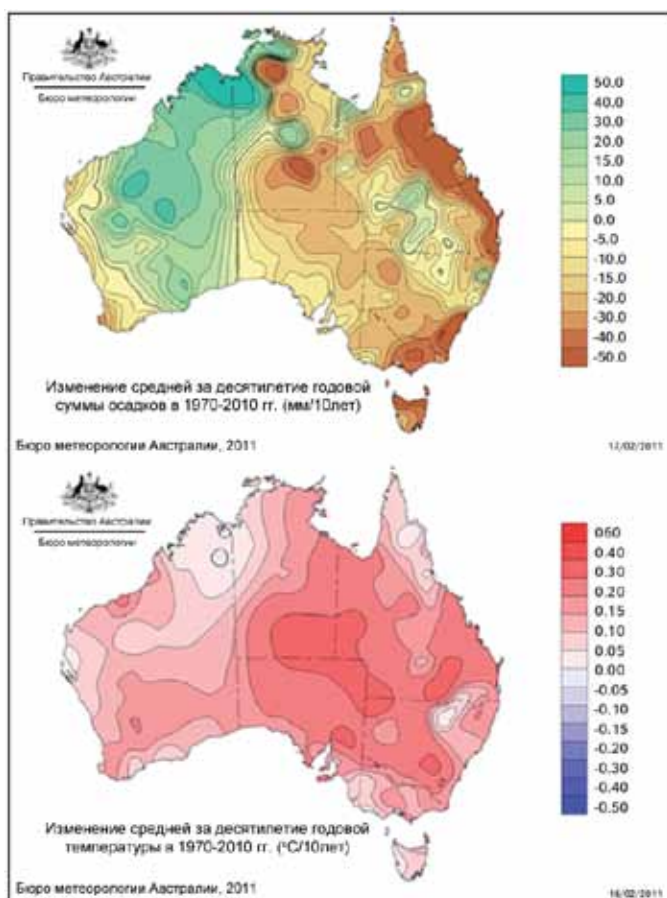


Изменение климата и реакция растений пшеницы на повышение содержания углекислого газа в атмосфере, прогнозируемое в будущем

Р. Нортон, Г. Фитцджеральд, М. Тауш

Изменения климата, сопровождающиеся повышением температуры и снижением количества выпадающих осадков, происходят в настоящее время и будут продолжаться в будущем. Однако некоторые неблагоприятные последствия изменений климата могут быть сглажены благодаря положительному эффекту от повышения содержания углекислого газа (CO₂) в атмосфере, даже в низкопродуктивных регионах. Некоторые свойства современных сортов могут оказаться ключевыми для создания новых сортов, более приспособленных к повышению температуры и содержания углекислого газа в атмосфере, которое прогнозируется в будущем.

В прошлом десятилетии сложные погодные условия наблюдались во многих регионах, включая юго-восточную Австралию. В этом регионе в течение ряда лет среднегодовое количество осадков ниже среднего сопровождалось повышенными температурами. Согласно данным метеобюро, в районах неорошаемого земледелия в Южной Австралии, штате Виктория и на юге Нового Южного Уэльса среднее годовое количество осадков за десятилетие 2000–2010 гг. было примерно на 60 мм меньше, чем в среднем за период наблюдений с 70-х годов 20-го века (рис.1)



Согласно прогнозам, изменение содержания парниковых газов в атмосфере, таких как CO₂, будет приводить к повышению температуры и влиять на климат (Carter et al., 2007). Прогнозируется, что во многих зернопроизводящих регионах Австралии к 2050 г. среднегодовое количество осадков снизится примерно на 5–10%, а среднегодовая температура повысится на 1–2°C (CSIRO, 2011).

Фермеры приспособились к этим изменениям климата, тщательно выбирая сельскохозяйственные культуры для возделывания и соответствующие агротехнологии, позволяющие адаптировать сельскохозяйственное производство к неустойчивым погодным условиям года. Недавний опрос сельхозпроизводителей из Малле, штат Виктория, показал, что фермеры изменили систему земледелия, увеличив долю пастбищ и паров в структуре севооборота, снизили норму посева, а также отобрали более скороспелые культуры и увеличили количество растительных остатков в почве. Кроме того, внесение азотных удобрений теперь зависит, главным образом, от количества выпавших осадков, непосредственно влияющего на величину потенциальной урожайности и, следовательно, на потребность растений в питательных веществах. Эти изменения представляют собой реальные стратегии для управления риском в условиях недостаточного увлажнения и повышенных температур. Однако остается актуальным вопрос о том, будут ли данные стратегии достаточными для того, чтобы адаптироваться к изменениям климата и сохранить эффективное и рентабельное сельскохозяйственное производство в будущем.

Роль углекислого газа

Углекислый газ – одна из причин глобального потепления, однако его повышенное содержание в атмосфере оказывает также и положительный эффект. Этот газ, содержание которого в атмосфере незначительно и составляет около 0,04%, используется растениями для синтеза сахаров и других растительных компонентов в процессе фотосинтеза. Данные научных исследований подтверждают эту точку зрения и свидетельствуют о том, что такие сельскохозяйственные культуры, как пшеница (C3-растения), ускоряют



Рис.2. Один из восьми кольцевых экспериментальных участков с обогащением воздуха углекислым газом на поле в Уолпеапе, штат Виктория. Восемь фоновых участков, расположенных на достаточном удалении от экспериментальных участков, использовались для сравнения.

рост и повышают урожайность (до 30%) в условиях повышенного содержания CO_2 в атмосфере. Однако у других культур, таких как сорго (C_4 -растения), подобной реакции не наблюдается, поскольку у них процесс усвоения углерода гораздо более эффективен, чем у C_3 -растений. Повышенное содержание CO_2 в атмосфере также приводит к закрытию пор (устьиц) на листьях как C_3 -, так и C_4 -растений, что позволяет растениям удерживать воду.

В результате растения пшеницы должны более эффективно использовать воду при повышенном содержании CO_2 в атмосфере, которое ожидается в будущем. Результаты исследований, проводимых в этой области в настоящее время, также показывают, что температура и доступность влаги могут влиять на ожидаемую реакцию растений на высокое содержание CO_2 в атмосфере. Реальное воздействие повышенных температур и дефицита влаги могут снизить положительный эффект от повышенного содержания CO_2 в атмосфере. В настоящей работе изучается реакция растений на изменения климата в будущем, который будет теплее и суше, а также на повышенное содержание CO_2 в атмосфере.

Места проведения исследований по программе «Обогащение атмосферного воздуха углекислым газом» FACE (Free-Air Carbon dioxide Enrichment)

В 2007 г. Мельбурнский университет и Департамент базовых отраслей промышленности штата Виктория при поддержке Австралийского бюро по парниковым газам и Корпорации по исследованию зерновых культур поручили научно-исследовательской группе по изучению влияния повышенного содержания CO_2 на зерновые культуры в Австралии (Australian Grains Free Air Carbon Dioxide Enrichment) провести научный проект по изучению взаимного влияния воды, температуры и содержания CO_2 в атмосфере. Для этого были созданы две специально оборудованные экспериментальные площадки: одна в Хоршаме (Horsham), район Виммера (Wimmera), а



Рис.3. Урожайность зерна пшеницы в зависимости от содержания CO_2 в атмосфере (повышенное - 550 промилле, нормальное - 385 промилле) для двух сроков посева (СП1 и СП2) в Уолпеапе в 2008 и 2009 г.г. Стандартное отклонение для урожайности 0.22 т/га.

другая в Уолпеапе (Walpeup), район Малле (Mallee).

На экспериментальных площадках пшеницу выращивают в открытом грунте, а содержание CO_2 в воздухе повышают путем подачи газа (CO_2) через трубки, установленные по периметру участка (**рис.2**). Содержание CO_2 измеряют каждые 2 сек. и доводят до заданной концентрации в 550 промилле ($\text{мл}/\text{м}^3$). Для сравнения - содержание CO_2 в окружающем воздухе в дневное время составляет 385 промилле.

В Уолпеапе экспериментальные площадки были засеяны пшеницей с использованием традиционных норм высева, но в разные сроки: обычного для данного региона (середина мая) и более позднего (в конце июня) для того, чтобы растения росли в более теплых условиях в период налива зерна. В 2008 и 2009 г.г. были получены данные о скорости роста растений, урожайности, качестве зерна, динамике азота, а также эффективности использования воды растениями.

Результаты

Пшеница, выращенная при высоком содержании CO_2 в воздухе, дала в среднем 50%-ю прибавку урожая. Увеличение урожайности происходило независимо от сроков посева или погодных условий года (**рис.3**). Количество выпавших осадков с мая по ноябрь составило 148 мм в сухом 2008 г. и 264 мм в 2009 г., погодные условия которого были близки к нормальным. При повышенном содержании CO_2 индекс урожайности, рассчитанный как отношение массы зерна к общей массе растений, не снизился, следовательно, растения более эффективно использовали дополнительный углерод, присутствующий в атмосфере.

Увеличение урожайности показывает, что повышенное содержание CO_2 в атмосфере сглаживает негативное воздействие повышенных температур и дефицита влаги даже в регионах Австралии с недостаточным увлажнением. Однако рост урожайности сопровождается снижением содержания белка в зерне в результате физиологической адаптации растений к повышенному содержанию CO_2 . Растения запасают меньше азота в белках, участвующих в процессе фотосинтеза, и когда начинается налив зерна, оно получает

меньше азота. Наши экспериментальные участки были хорошо удобрены азотом, но содержание белка в зерне даже снизилось с 15,3% (2008 г.) и 15,5% (2009 г.) при нормальных условиях до 13,4% (2008 г.) и 13,5% (2009 г.) при повышенном содержании CO₂. Также наблюдалось снижение содержания минеральных элементов и изменение других показателей качества зерна.

В дальнейшем наши исследования были направлены на выработку стратегий, позволяющих адаптировать пшеницу для производства зерна высокого качества. В 2009 и 2010 гг. в Хоршаме проведены сравнительные исследования роста растений, урожайности и качества зерна различных сортов пшеницы. К настоящему времени даже среди небольшого количества изученных сортов были выделены сорта, которые отличаются от других, и могут быть использованы для создания более адаптированных сортов.

В данной статье представлена только малая часть результатов большого междисциплинарного научного проекта FACE, направленного на поиск и разработку стратегий для адаптации зернового производства к изменениям климата. Другие направления научной работы в проекте посвящены изучению круговорота питательных элементов в почве, отзывчивости бобовых культур, а также влиянию вредителей и сорняков. Результаты этих исследований также используются для калибровки моделей урожайности с целью разработки стратегий для адаптации к более теплomu и сухому климату, а также обогащенному углеродом воздуху, которые, по-видимому, ожидают нас в будущем.

Д-р Нортон – региональный директор программы IPNI в Австралии и Новой Зеландии (г. Хоршам, штат Виктория, Австралия; e-mail: rnorton@ipni.net).

Д-р Фитцджеральд – руководитель проекта FACE от Департамента базовых отраслей промышленности штата Виктория, (г. Хоршам, штат Виктория, Австралия; e-mail: glenn.fitzgerald@dpi.vic.gov.au).

Д-р Тауш – доцент кафедры лесоводства и экосистем, Мельбурнский университет, г. Кресвик, штат Виктория 3363, Австралия; e-mail: michael.tausz@unimelb.edu.au.)

Работа выполнена при финансовой поддержке фирмы Grains Research & Development Corp., Департамента базовых отраслей промышленности штата Виктория, Департамента сельского хозяйства, рыболовства и лесоводства Австралии, Департамента изменения климата Австралии, Мельбурнского университета и Международного института питания растений.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Департамента базовых отраслей промышленности штата Виктория: Гарри О’Лири, Махабубур Молла, Рожеру Армстронгу, Николь Мэзерс, Джейсону Брэнду, Джо Люку, Петру Требицки, Ивану Моку, Вэнди Гриффитс, Джо Паноццо, Джеймсу Наттолла, Дебре Партигтон, Грэмму Томсону, Расселу Аргалла и Джастин Эллис, а также сотрудникам Мельбурнского университета: Саману Сеневира, Сабине Пош, Шу Ки Лам, Немеши Фернандо, Лакмини Тилакаратне, Марку Николасу, и Петеру Хови.

Подробнее о проекте AGFACE можно узнать по адресу: <http://piccc.org.au/AGFACE>

Литература

- CSIRO. 2011. <http://climatechangeinaustralia.com.au>, дата последнего обращения: август 2011.
- Carter, T.R., R.N. Jones, X. Lu, et al. 2007. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 133-171.

Перевод с английского и адаптация: Иванова С.Е.

Система применения удобрений под пшеницу в условиях изменчивого климата

Р. Нортон

Внедрение технологий, позволяющих минимизировать риски, способствует рентабельному применению азотных и фосфорных удобрений и обеспечению потребностей сельскохозяйственных культур в азоте и фосфоре в условиях изменчивого климата, например, при возделывании пшеницы в «зерновом поясе» Юго-Восточной Австралии. Потребность растений в азоте и фосфоре можно изначально оценить, исходя из потенциальной урожайности, но, как показывают исследования, у азотных подкормок в период вегетации нет отрицательных моментов. Пока еще не разработано технологий подкормок фосфорными удобрениями, но подобные исследования ведутся, и уже есть определенность относительно направлений дальнейшей работы.

Поэт 19-го века Доротея Маккеллар описывала Австралию, как страну «засух и затопляющих дождей». Данное описание справедливо и в наши дни. Юго-восточный «зерновой пояс» Австра-

лии пережил обширную засуху в конце 1990-х гг. и наводнения в 2010 и 2011 гг. На **рис. 1** представлена годовая сумма осадков для района Хоршам – «зернового пояса» штата Виктория. Данный показатель сильно

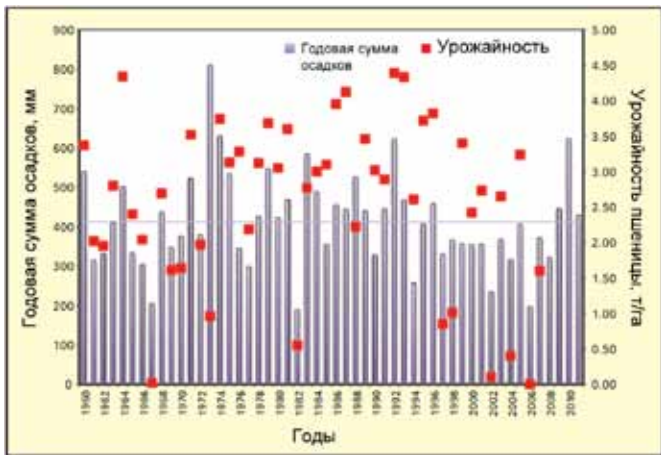


Рис. 1. Годовая сумма осадков и урожайность зерна пшеницы на полях фермера в районе Хоршам – «зерновом поле» штата Виктория (Австралия).

варьирует по годам под влиянием Тихого, Южного и Индийского океанов.

Неустойчивое выпадение осадков приводит к сильному варьированию урожайности – в ряде регионов страны при сильных колебаниях запасов продуктивной почвенной влаги при посеве и количества осадков за период вегетации коэффициент варьирования урожайности достигает 61% (Hochman et al. 2009). На **рис. 1** также показано, как урожайность пшеницы на полях фермера в районе Хоршам зависит от количества выпадающих осадков. Колебания урожайности в данном случае связаны с сильными изменениями суммы осадков по годам. Как простые, так и более сложные модели, разработанные с учетом количества осадков, позволяют сельхозпроизводителям оценить потенциальную урожайность к моменту посева или незадолго до него, а, следовательно, и потребность растений в элементах питания. Избыточное применение азотных и фосфорных удобрений – это неоправданный

расход средств и ресурсов, а внесение слишком высоких доз азота, особенно в засушливые сезоны, может привести к уменьшению размера зерна и сильному снижению закупочных цен на продукцию. При недовнесении удобрений потенциальная урожайность не достигается.

Определение оптимальных доз азота и фосфора

Для расчета доз удобрений необходимо спрогнозировать достижимую (планируемую) урожайность – потенциальную урожайность, лимитированную условиями увлажнения. Ее можно определить, исходя из того, что формирование урожая зерна на единицу израсходованной растением воды составляет 20 кг/га/мм (French and Schultz, 1983). Количество воды, израсходованное растением за вегетационный период, устанавливается с учетом измеренных или рассчитанных запасов продуктивной почвенной влаги и ожидаемого количества осадков. Спрогнозировав урожайность пшеницы (**блок 1**), можно затем установить и потребность растений в элементах питания.

Исходя из рассмотренного в **блоке 1** примера, для получения указанной запланированной урожайности пшеницы, согласно расчетам, необходимо внести 116 кг N/га. При подобных расчетах предполагается ряд допущений, например, что глубина проникновения корней ничем не ограничена, коэффициент использования азота из почвы и удобрений составляет 50%, а скорость минерализация почвенного азота соответствует модели, представленной в **блоке 2**. Еще более важно предположение о количестве осадков за вегетационный период (250 мм в приведенном примере), а также о равномерном распределении осадков в течение вегетации, что, как предполагается, позволит достичь запланированной

Блок 1: Определение потенциальной урожайности

Запасы продуктивной влаги (в метровом слое почвы) – 100 мм

Ожидаемое количество осадков за вегетационный период – 250 мм

Суммарное количество влаги = 350 мм

Формирование урожая зерна на единицу израсходованной растением воды (Уеив) – 20 кг/га/мм

Непроизводительный расход почвенной влаги – 110 мм

Потенциальная урожайность = Уеив × (суммарное количество влаги – непроизводительный расход влаги) = 20 × (350 – 110) = 4800 кг/га (**4.8 т/га**)

Блок 2: Определение потребности в азотных удобрениях

Потенциальная урожайность = 4.8 т/га

Потребность в азоте = 45 кг N/т зерна = 216 кг N/га

Запасы минерального азота в почве при посеве = 50 кг N/га (измерено)

Содержание органического углерода в почве (Сорг.) = 1.2%

Минерализация почвенного азота за вегетационный период = Сорг. × (количество осадков за вегетационный период)/6 = 1.2 × (250)/6 = 50 кг N/га

Поступление азота из почвы = запасы минерального азота при посеве + минерализация за вегетацию = 50 кг N/га + 50 кг N/га = 100 кг N/га

Потребность в азотных удобрениях для достижения потенциальной урожайности = (216 – 100) = 116 кг N/га

урожайности.

Аналогичный подход можно использовать и для определения потребности растений в фосфоре. При этом также определяются потенциальная урожайность, лимитированная условиями увлажнения, и, соответственно, ожидаемый вынос фосфора из почвы с урожаем. Содержание фосфора в зерне обычно составляет порядка 3 кг P/т зерна, и при планируемой урожайности в 4.8 т/га вынос фосфора с урожаем зерна равен примерно 15 кг P/га. Дозу фосфорных удобрений необходимо скорректировать с учетом потенциальной буферной способности почвы в отношении фосфора, затрат удобрений на повышение содержания подвижного фосфора в почве (если это необходимо), а также потерь фосфора из почвы в результате эрозии. Сельхозпроизводители могут определить содержание фосфора в получаемом зерне и скорректировать, таким образом, вынос фосфора с урожаем для конкретных условий, поскольку содержание фосфора в зерне варьирует в диапазоне от 2.0 до 4.0 кг P/т (Jensen and Norton, 2012).

Минимизация рисков при определении оптимальной дозы азота

При отсутствии надежного прогноза погоды для предстоящего сезона, то есть в условиях неопределенности относительно количества осадков за вегетацию, при посеве вносится полная доза азота. В полевых исследованиях, проведенных в «зерновом поясе» штата Виктория, Нортон с соавт. (Norton et al., 2009) изучали разные сроки и способы применения азотных удобрений – основное внесение и подкормки при завершении фазы кущения и позже (табл. 1). Внесение всей дозы азота в подкормку при завершении кущения способствовало достоверному росту урожайности в трех опытах и не приводило к снижению урожайности в остальных опытах относительно варианта с внесением полной дозы азота при посеве. Вариант внесения азота 50:50 (50% при посеве и 50% в подкормку) был предпочтительнее в трех опытах, и снижения урожайности в данном ва-

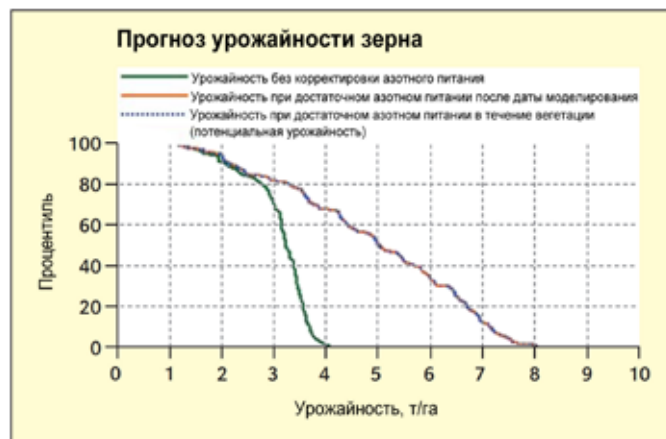


Рис. 2. Прогноз урожайности зерна для конкретного участка посевов в регионе Виммера (штат Виктория, Австралия), выполненный с учетом погодных условий сезона (до даты моделирования – 22-го июня), запасов нитратного азота в почве и агротехники возделывания пшеницы.

рианте в остальных случаях не отмечено.

Согласно полученным результатам, перенесение части азота или всей дозы азота в подкормку не приводило к достоверному снижению урожайности пшеницы, включая опыты, где была получена сравнительно высокая урожайность. Следует принять во внимание, что как раз в этих опытах запасы минерального азота в почве при посеве составили как минимум 40 кг N/га. Предположительно, поступление азота из почвы могло быть достаточным для обеспечения потребности пшеницы в данном элементе питания вплоть до фазы кущения, исключая тем самым появление существенного недостатка азота у растений.

Потенциальная урожайность пшеницы корректируется в сторону уменьшения, если в конце зимы или весной выпадает недостаточное количество осадков. Соответствующее уменьшение дозы азота позволяет избежать снижения урожайности в результате чрезмерного кущения и образования большой вегетативной массы в ущерб формированию зерна, а также предотвратить убытки, связанные с низкой эффективностью использования азо-

Таблица 1. Влияние сроков и способов внесения азотного удобрения (карбамида) на урожайность зерна пшеницы (т/га): 8 опытолет в «зерновом поясе» штата Виктория (Австралия).

Варианты внесения азота	2005	2006	2007	2005	2007	2005	2006	2007
	Си Лейк	Хоуптаун	Валпеап	Марноо	Калкии	Инверлейг	Инверлейг	Инверлейг
Глубокое ленточное при посеве (100%)	4.35	0.95	1.44	3.95	2.35	3.48	2.20	5.20
Глубокое ленточное при посеве (50%) + подкормка в стадию 31 по Цадоксу (50%)	4.11	0.98	1.40	3.98	2.83	3.40	2.54	5.69
Глубокое ленточное при посеве (33%) + подкормка в стадию 31 по Цадоксу (33%) + подкормка в стадию 41 по Цадоксу (33%)	4.29	-	1.39	4.17	2.77	3.91	-	5.59
Подкормка в стадию 31 по Цадоксу (100%)	4.44	0.93	1.61	4.27	2.72	3.43	2.25	5.24
НСР (p=0.05)	0.27	0.22	0.23	0.30	0.28	0.54	0.23	0.40

та из удобрений. Сельхозпроизводители стараются внести примерно 20-30% азота при посеве, а затем в зависимости от погодных условий они принимают решение относительно необходимости азотных подкормок.

Большинство производителей пшеницы используют различные модели для определения потенциальной урожайности и, соответственно, потребности в азоте для ее достижения. Интегрирование эмпирических методов, рассмотренных в **блоках 1 и 2**, с такими сложно устроенными моделями продукционного процесса растений, как, например, модель Yield Prophet® (<http://www.yieldprophet.com.au/yp/wfLogin.aspx>), позволяет в режиме реального времени спрогнозировать потенциальную урожайность, а также отзывчивость растений на внесение азота (Hunt et al. 2010).

На **рис. 2** частично воспроизведен скриншот с веб-сайта модели Yield Prophet®, показывающий прогноз урожайности зерна для конкретного участка посевов в регионе Виммера (штат Виктория). Прогноз основан на урожайности и количестве осадков за 100 лет наблюдений для периода от даты моделирования до созревания. Как видно из графика, без подкормок азотом медианное значение урожайности (50-й перцентиль) составляет примерно 3.3 т/га, и при данных условиях урожайность не превышает 4 т/га. Представленный прогноз для конкретного участка посевов выполнен с учетом текущих запасов азота в почве (101 кг N/га).

Вторая кривая на графике показывает урожайность при проведении азотных подкормок, смоделированную с учетом более чем 100 лет наблюдений. Согласно прогнозу, при достаточном азотном питании медианное значение урожайности с учетом соответствующего количества влаги составляет 5 т/га, а прибавка урожайности от азотной подкормки варьирует от 0 до 4 т/га. Данный прогноз позволяет сельхозпроизводителям оценить величину прибавки урожайности от подкормок азотом, а также ее возможный диапазон в условиях изменчивого климата.

Минимизация рисков при определении оптимальной дозы фосфора

Фосфорные удобрения обычно вносятся в рядки при посеве, поскольку уже в течение достаточно длительного времени данный способ их применения считается наиболее эффективным. Дозы фосфора обычно устанавливаются, исходя из среднего выноса данного элемента питания с урожаем, однако в неблагоприятные годы это приводит к избыточному внесению фосфорных удобрений, а в благоприятные – их недовнесению. Подкормки вразброс не обеспечивают размещения фосфора удобрений рядом с корнями растений, поскольку фосфор относительно малоподвижен в почве и не поступает в зону корней. По аналогии с подкормками азотом подкормки фосфором могут стать общепринятыми при условии, что потребность растений в фосфоре в начале вегетации будет удовлетво-

ряться за счет припосевного внесения стандартных форм фосфорных удобрений, а для внесения вразброс будут разработаны новые формы удобрений, не причиняющие вреда растениям при применении в рекомендованных дозах (Noack et al. 2010). Исследования относительно оптимальных форм, доз, сроков и способов внесения фосфорных удобрений в подкормку при выращивании пшеницы в настоящее время находятся в стадии разработки (Noack et al. 2010).

Выводы

В условиях изменчивого климата удовлетворение потребности растений в элементах питания за счет применения удобрений зависит от того, насколько хорошо проведена оценка потенциальной урожайности. При неустойчивой урожайности дозы азота рассчитываются таким образом, чтобы количество вносимого азота было достаточным для предотвращения недостатка данного элемента питания в начале вегетации и исключало его избыток, который может отрицательно сказываться на урожайности. Как только появляется больше ясности относительно погодных условий сезона, в соответствии с повышающейся или понижающейся потенциальной урожайностью и аналогично изменяющейся потребностью растений в азоте, можно принимать решение о необходимости азотной подкормки. Данный подход считается перспективным и в отношении подкормок фосфором – в настоящее время ведутся исследования по изучению наиболее подходящих форм удобрений, включая их дальнейшее производство, чтобы данная технология стала применяться на практике.

Д-р Нортон – Директор Международного института питания растений по Австралии и Новой Зеландии; e-mail: rnorton@ipni.net.

Литература

- Hunt J.R., H. van Rees, Z. Hochman, et al. 2006. In N.C. Turner, T. Acuna, R.C. Johnson (Eds.). *Ground-breaking stuff. Proceedings of the 13th Australian Agronomy Conference*. 10-14 Sept. 2006, Perth, W. Aust. (Australian Society of Agronomy). http://www.regional.org.au/au/asa/2006/concurrent/adoption/4645_huntj.htm.
- French R.J. and J.E. Schultz. 1984. *Australian Journal of Agricultural Research* 35, 743-764.
- Hochman Z., D. Holzworth, and J.R. Hunt. 2009. *Crop and Pasture Science*, 60, 708-716.
- Jensen, T. and R.M. Norton. 2012. *Wheat Grain Nutrient Concentrations: Widescale Average Values May Not Be Adequate for Field Nutrient Budgets. Better Crops with Plant Food*. Vol. 96:3, 24-25.
- Norton R.M., R. Christie, P. Howie, and C. Walker. 2009. *GRDC Project Report*. <http://anz.ipni.net/articles/ANZ0056-EN>
- Noack, S., T.M. McBeath, and M.J. McLaughlin. 2010. *Crop Past. Sci.* 61:659-669.

Перевод с английского и адаптация: В.В. Носов.

Crop Nutrient Deficiency Photo Contest — 2012

Победители фотоконкурса «Дефицит элементов питания у сельскохозяйственных растений» - 2012

Международный институт питания растений представляет победителей конкурса фотографий «Дефицит элементов питания у сельскохозяйственных культур» за 2012 г. Мы рады отметить, что по всем номинациям было получено большое количество отличных фотографий из разных регионов мира. Перед нами стояла непростая задача – выбрать лучшие фотографии. В большинстве случаев предпочтение было отдано высококачественным фотографиям, на которых признаки недостатка элементов питания у растений показаны наиболее наглядно. Принималась во внимание и сопроводительная информация – результаты почвенной и растительной диагностики, а также данные по истории применения удобрений на каждом конкретном поле.

МИПР поздравляет победителей и выражает благодарность всем участникам, подавшим заявки на наш конкурс. Для получения информации об условиях подачи заявок в 2013 г. мы приглашаем посетить наш сайт www.ipni.net/photocontest.



Лучшая фотография 2012 г. (главный приз – 200\$): недостаток железа у сливы

Ф. Сала – Банатский университет сельскохозяйственных наук и ветеринарной медицины, г. Тимишоара, Румыния. Внешние признаки дефицита железа у сливы. Тип почвы – люви-соль. Недостаток железа возник из-за временного хранения извести, предназначенной для внесения на соседнем поле, вблизи сливовых деревьев. Кальций вымывался осадками и поступал в почву, что привело к недостатку железа у растений. Содержание водорастворимого кальция в почве выросло с 14.03 до 22.09 мг/100 г почвы. Содержание железа в листьях при этом снизилось с 23.6 до 11.4 мг/кг.



1-е место в категории «Азот» (приз – 150\$): недостаток азота у кукурузы

Г.Р. Пуглиезе – «Бунге Аргентина Эс.Эй.»(Bunge Argentina S.A.), г. Трес-Аройос, провинция Буэнос-Айрес, Аргентина.

Лист растения (гибрид кукурузы Декалб 670), испытывающего недостаток азота. Запасы минерального азота в почве – низкие (60 кг/га).



1-е место в категории «Фосфор» (приз – 150\$): недостаток фосфора у кукурузы

С. Шринивасан – ассистент-профессор по физиологии растений, Сельскохозяйственный колледж и Научно-исследовательский институт, Сельскохозяйственный университет штата Тамилнад, г. Килликулам – Валланад, штат Тамилнад, Индия.

Дефицит фосфора у 20-дневных растений кукурузы в варианте полевого опыта без внесения фосфорных удобрений. Листья приобрели фиолетовую окраску, что связано с накоплением в них антоциановых пигментов, имеющих красновато-фиолетовый цвет. Рост корней сильно угнетался. Содержание подвижного фосфора в почве (метод Олсена) – очень низкое (менее 1.9 мг P/кг почвы). Содержание фосфора в листьях – также низкое (0.10%).



1-е место в категории «Калий» (приз – 150\$): недостаток калия у яблони

Б. Скотт – «И.И. Муир энд Санз» (E.E. Muir & Sons), г. Лавертон Норт, штат Виктория, Австралия.

Классические признаки недостатка калия у яблони (сорт Пинк Леди) – за 2 недели до сбора урожая. Дефицит калия проявился в виде краевого ожога листьев. Плоды образовывались мелкими и имели бледную окраску. Содержание калия (K) в листьях – 0.7% (на абсолютно сухое вещество) при оптимальном диапазоне – 1.2-1.8%.



1-е место в категории «Другие элементы питания» (приз – 150\$): недостаток кальция у томата (слева)

М.К. Шарма, Институт ирригации и образования, г. Кота, штат Раджастан, Индия.

Вершинная гниль плодов у 85-дневных растений томата при дефиците кальция. Содержание кальция в почве (вытяжка ацетата аммония) – 0.7 ммоль (экв)/100 г почвы, а в растении – 0.2%.



2-е место в категории «Азот» (приз – 75\$): недостаток азота у кукурузы

М.Р. Умеш – Университет сельскохозяйственных наук, г. Райчур, штат Карнатака, Индия.

Недостаток азота у растений кукурузы – завершение стадии выметывания пестичных столбиков. На 64-ый день после посева наблюдалось незначительное усыхание рыльцев. Развитие листьев угнеталось – их образовалось меньше, чем у нормальных, здоровых растений. Выметывание метелок задерживалось. Початки либо не закладывались вовсе, либо их формирование задерживалось. Нижние листья засыхали, а верхние приобретали светло-зеленую окраску. Жилки усыхали, наблюдался V-образный хлороз листьев.



2-е место в категории «Фосфор» (приз – 75\$): недостаток фосфора у кукурузы

Н.Д. Мюллер, Университет штата Южная Дакота, г. Брукингс, штат Южная Дакота, США.

Недостаток фосфора у растений гибридной кукурузы – стадия 4-х листьев. Содержание подвижного фосфора (метод «Мелих-3») в пылевато-суглинистой почве серии Эудора (Eudora) – низкое (менее 20 мг P/кг почвы). Внесение фосфорных удобрений снижало или полностью устраняло дефицит фосфора.



2-е место в категории «Калий» (приз – 75\$): дефицит калия у момордики

М.К. Шарма, Институт ирригации и образования, г. Кота, штат Раджастан, Индия.

Характерные признаки недостатка калия у растений момордики (*Momordica charantia*) – краевой хлороз и краевой ожог старых листьев. Содержание калия (K) в растениях – 2.0%. Запасы обменного калия в почве (вытяжка ацетата аммония) – 60 кг K/га.



2-е место в категории «Другие элементы питания» (приз – 75\$): недостаток бора у цветной капусты

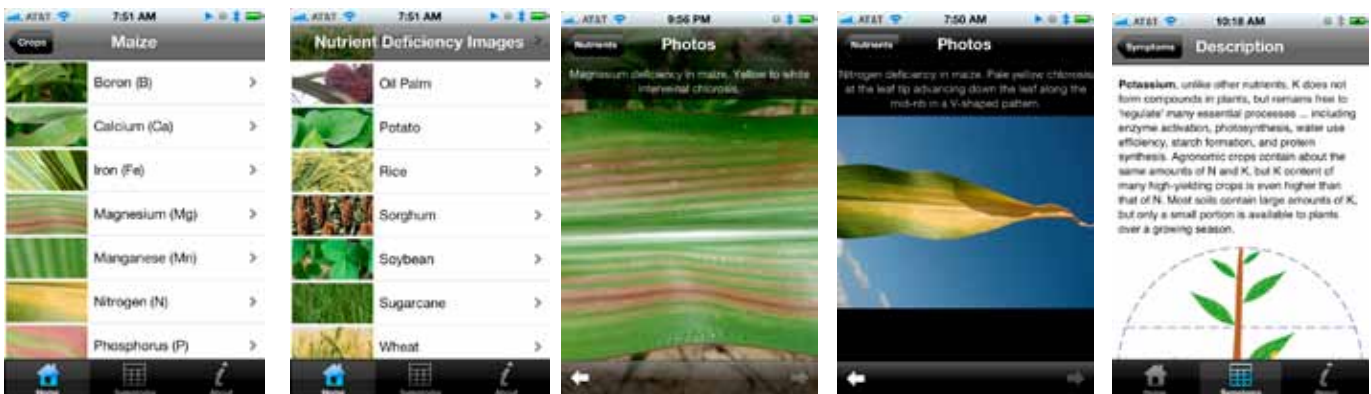
К. Батабьял – кафедра почвоведения и агрохимии, Сельскохозяйственный колледж, г. Агартала, штат Трипура, Индия.

Дефицит бора у растений цветной капусты – начало созревания. Содержание подвижного бора в почве опытного участка – низкое (0.38 мг B/кг почвы), включая прикорневую зону (0.30 мг B/кг почвы). Используемая для полива артезианская вода содержала незначительное количество бора. Содержание бора в головках цветной капусты составило 12.9 мг B/кг (на абсолютно сухое вещество), что значительно ниже критического уровня (17.8 мг B/кг).

Научно-практическая литература

Crop Nutrient Deficiency Photo Library

(Коллекция фотографий с признаками дефицита элементов питания у растений)



На вашем iPad или iPhone теперь доступна обширная коллекция фотографий с проявлениями дефицита элементов питания у растений. Для четырнадцати

важнейших сельскохозяйственных культур представлены сотни фотографий характерных симптомов дефицита макро- и микроэлементов, к каждой фотогра-

фии даны пояснения в виде текста и диаграмм.

Фотографии объединены в три группы в зависимости от того, в каких количествах элементы питания необходимы растениям (это основные макроэлементы, второстепенные макроэлементы и микроэлементы). Галереи фотографий можно отсортировать по культурам с помощью системы поиска.

Коллекция доступна как на английском, так и на русском языках.



Обзор научных публикаций BETTER CROPS with plant food, №2 2012

Ежеквартальный журнал

Международного института питания растений

(онлайн в свободном доступе <http://www.ipni.net/bettercrops>)

Действительно ли фермеры Среднего Запада США вносят под кукурузу избыточные дозы азотных удобрений?

К.С. Снайдер

Представлен краткий обзор урожайности кукурузы (*Zea mays* L.) и потребления азотных удобрений в США. Для того, чтобы установить, не вносят ли фермеры избыточных количеств азота при выращивании кукурузы в штатах, лидирующих в производстве данной культуры, научно-обоснованные рекомендации ряда университетов (так называемых «земельных» университетов, проводящих научно-практические исследования) по применению азотных удобрений были сопоставлены со статистическими данными по внесению азотных удобрений фермерами. Вопреки сложившемуся представлению, при выращивании кукурузы в рассматриваемых штатах фермеры не вносят азотных удобрений сверх доз, рекомендуемых университетами для получения максимальной прибыли.

Почвы Великих равнин могут накапливать углерод

Д.Е.Клэй, Г.К.Карлсон, Ш.А.Клэй, Дж.Стоун, К.Д.Рейтсма, Р.Х.Гелдерман

Было проведено много научных исследований и получены разные результаты о том, происходит ли в почвах Великих равнин накопление или потеря углерода. Автор изучил этот вопрос, обобщив результаты анализов почвы и данные по продукции растениеводства из архивов Лаборатории почвенного анализа Южной Дакоты. Анализ данных показал, что запасы углерода в органическом веществе почвы за период с 1985 по 2010 годы увеличивались на 365 кг/га в год, что за весь период привело к увеличению содержания углерода на 24%. Рост этого показателя произошел благодаря возделыванию более адаптированных сортов и применению усо-

вершенствованных технологий, которые позволили увеличивать урожайность зерна кукурузы на 144 кг/га в год. Повышение содержания углерода в почве оказывает влияние на качество воды, почвенное плодородие и питание растений. Например, если принять, что соотношение C:N в органическом веществе почвы равно 10:1, то полученные результаты показывают, что на протяжении 25-летнего периода в почве происходило накопление азота и углерода. И это необходимо учитывать при расчете доз азотных удобрений для оптимизации питания сельскохозяйственных культур.

Изучение азотных подкормок кукурузы в летний сезон выращивания на почвах Северо-Китайской равнины

Ш. Цао и П. Хи

В полевых опытах изучено применение азотных удобрений в разных дозах и при разных сочетаниях основного внесения в почву и подкормки вразброс. Максимальная урожайность кукурузы получена при внесении азота в дозах 120-180 кг/га, а перенесение части азота из основного внесения в подкормку позволило уменьшить дозы азота на 25-50% по сравнению с традиционной практикой применения азотных удобрений, используемой фермерами на почвах Северо-Китайской равнины.

Проблема повышения точности диагностики фосфатного состояния почв Украины

А. Христенко, С. Иванова

Установлены закономерности влияния свойств почв на точность определения содержания подвижного фосфора по методу на основе раствора гидрокарбоната натрия (Olsen, ISO 11263). Разработан способ повышения точности оценки фосфатного состояния

щелочных почв. Точность повышается за счет учета влияния щелочности почв на результат химического анализа и усовершенствования шкалы обеспеченности почв доступным для растений фосфором.

Определение верхней границы для массивов данных и практическая значимость данного подхода в полевых исследованиях, проведенных на фермерских полях в Мексике

А. Тасистро

Совершенствование статистической методологии крайне необходимо для повышения степени объективности проводимых диагностических оценок и предотвращения систематических ошибок, особенно в развивающихся странах. При работе с базами данных, систематически пополняемых сельскохозяйственными консультантами, расчет верхней границы для массивов полученных наблюдений может служить хорошей альтернативой. Кроме того, использование данного подхода в научно-исследовательских целях позволяет получить ценные и репрезентативные данные за более короткий срок по сравнению с традиционными полевыми опытами.

Разработка и практическое применение системы расчета доз азота под рис N-STaR: определение содержания потенциально доступного для растений азота в почве

Т.Л. Робертс, А.М. Фулфорд, Р.Дж. Норман, Н.А. Слейтон, Т.У. Уолкер, С.Э. Уилсон мл., Д.Л. Харрелл и Г.Н. Маккаулей

В рисопроизводящих штатах Среднего Юга США, включая Арканзас, Луизиану, Миссисипи и Техас, в 2003 г. начал изучаться метод определения содержания потенциально доступного для растений азота в почве с целью совершенствования рекомендаций по применению азотных удобрений под рис с учетом конкретных почвенно-климатических условий. Предложенный метод определения содержания почвенного азота сейчас внедряется в практику.

HarvestZink: проект HarvestPlus по цинковым удобрениям

И.Кэзмэк

Первый этап в проекте по изучению дефицита цинка - оценка потенциальной отзывчивости культур на внесение цинкосодержащих удобрений в странах, где почвы не могут обеспечить достаточное содержание цинка в основных продуктах питания. Некорневые подкормки цинковыми удобрениями эффективны для повышения содержания цинка в зерне. Однако их необходимо проводить в опти-

мальное время. Для повышения урожайности предпочтительнее вносить цинковые удобрения в почву.

Оптимизация применения фосфорных удобрений и навоза в севообороте кукуруза-соя в Зимбабве

Ш.Зингоре, К.Е.Гиллер

В Зимбабве производство сои ограничено, так как фермеры уделяют мало внимания этой сельскохозяйственной культуре и предпочитают вносить удобрения под ее предшественника в севообороте - кукурузу. Результаты наших исследований показали, что совместное внесение фосфорных удобрений и навоза под кукурузу, как обычно делают фермеры, было более эффективным и прибыльным на малоплодородных почвах. Однако, применение фосфорных удобрений и навоза под сою дает возможность увеличить доход и на более плодородных почвах.

Применение удобрений под хлопчатник, выращиваемый без орошения на вертисолях Индии при высокой плотности посева

Й.Сингх, Ш.Бабар, Ш.Абрахам, М.В. Венугопалан, Г.Мажумдар

Хотя производство хлопчатника в условиях орошения занимает большие площади, рост производства хлопчатника в Индии возможен за счет увеличения урожайности, в регионах возделывания хлопчатника в условиях естественного увлажнения. На неорошаемых полях сочетание высокой плотности посева и достаточной дозы NPK дает хорошую возможность увеличить продуктивность хлопчатника

Как улучшить здоровье человека благодаря применению минеральных удобрений в растениеводстве: Научный обзор

Редакторы: Т.Бруулсема, П.Хеффер, Р.Уэлч, И.Кэзмэк, К.Моран

Потребность населения Земли в продуктах питания удовлетворяется во многом благодаря тому, что при возделывании сельскохозяйственных культур применяются минеральные удобрения.

Минеральные удобрения оказывают положительное влияние как на количественные показатели получаемой продукции, так и на ее качество. Рациональное применение минеральных удобрений, включающее внесение наиболее подходящей формы удобрения в оптимальной дозе, в надлежащее место и вовремя под правильно выбранную сельскохозяйственную культуру, в значительной степени способствует сохранению здоровья и благополучия людей.