

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)

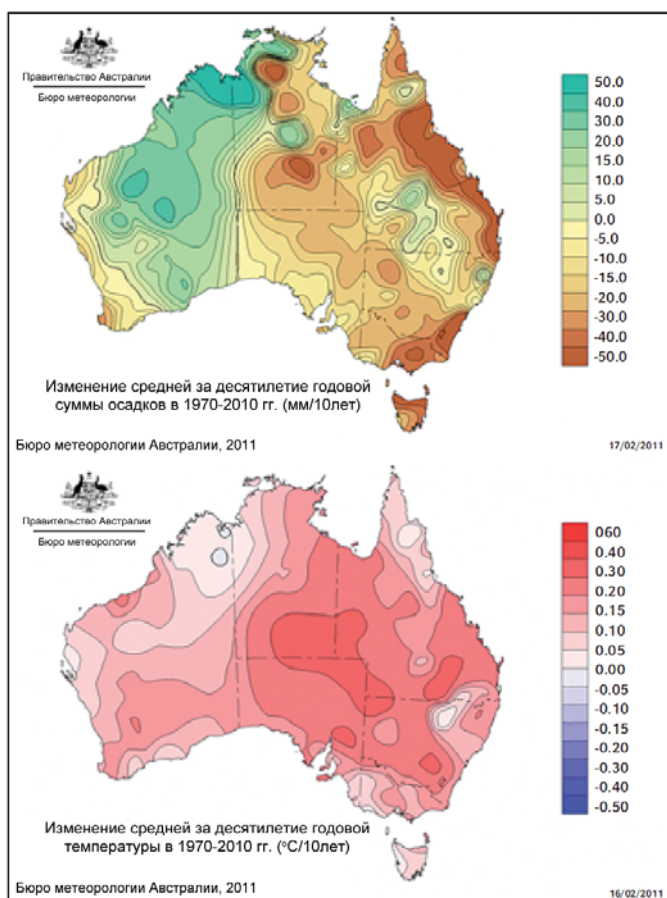


Рис.1. Изменения средней за десятилетие годовой суммы осадков (вверху) и температуры (внизу) в Южной Австралии в период между 1970 г. и 2010 г. (Источник: Бюро метеорологии – <http://www.bom.gov.au/cgi-bin/climate/change/trendmaps.cgi>, август 2011).

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 высева, 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 (C4-растения), подобной реакции не наблюдается, поскольку у них процесс усвоения углерода гораздо более эффективен, чем у C3-растений. Повышенное содержание CO_2 в атмосфере также приводит к закрытию пор (устьиц) на листьях как C3-, так и C4-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

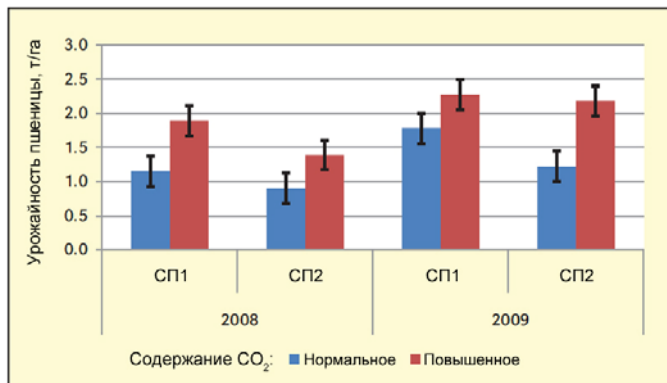


Рис.3. Урожайность зерна пшеницы в зависимости от содержания CO_2 в атмосфере (повышенное - 550 промилле, нормальное - 385 промилле) для двух сроков посева (СП1 и СП2) в Уолпеапе в 2008 и 2009 г.г. Стандартное отклонение для урожайности 0.22 т/га.

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 (мл/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. 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, Грэму Томсону, Расселу Аргалла и Джастин Эллис, а также сотрудникам Мельбурнского университета: Саману Сеневира, Сабине Пош, Шу Ки Лам, Немеше 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