

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Агрофизический научно-исследовательский институт»
Российский фонд фундаментальных исследований

МАТЕРИАЛЫ

Всероссийской научной конференции

с международным участием

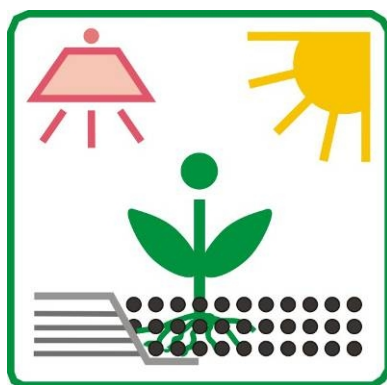
«АГРОЭКОСИСТЕМЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И

РЕГУЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ:

ОТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К ПРАКТИКЕ

ПРЕЦИЗИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ»

Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2016 г.



Санкт-Петербург
2016

УДК 631.95:51-76:631.588

ББК 41.4:28.08

А 26

Материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления». Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2016 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 508 с.

Материалы даны в авторской редакции

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований*

Ответственные за выпуск:

Блохина С. Ю.

Агеенкова О. А.

Цивилев А. Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С. А. Медведев, А. Г. Топаж, Е. Т. Захарова

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

Для использования динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур в задачах оперативной поддержки решений в растениеводстве предложена методика проактивного управления сельскохозяйственным посевом при помощи системы поливариантного расчёта. Проведены эксперименты по оценке её эффективности в сравнении с реактивным и декларативным управлением.

Одной из принципиальных проблем, препятствующих внедрению динамических моделей продукционного процесса в сельскохозяйственную практику, является их неспособность давать среднесрочные прогнозы. Причина заключается в том, что такие модели для осуществления расчётов требуют полного набора суточных погодных метеоданных за весь вегетационный период, в то время как в задачах оперативной поддержки принятия решений необходимо получение данных в течение текущего вегетационного периода, который ещё не закончен. Современная метеорология способна давать адекватные прогнозы погоды максимум на две недели вперёд. Следовательно, попытки использования динамических моделей продукционного процесса в реальной сельскохозяйственной практике связаны с критической неопределённостью входных данных.

Для решения указанной проблемы в лаборатории АФИ была разработана технология оперативного сопровождения полевого опыта или производственного посева (Медведев и др., 2015). Суть технологии состоит в том, что вычислительный компьютерный эксперимент проводится параллельно с соответствующим его входным данным производственным посевом или полевым опытом. При этом вычислительный эксперимент осуществляется в большом количестве повторностей. В каждой повторности используется своя погодная реализация, сформированная с использованием генератора суточных погодных метеоданных, идентифицированного по реальным погодным данным той же местности (Топаж, 1992). Раз в несколько дней часть суточных

погодных метеоданных подменяется актуальными данными о реальной погоде, и вычислительный компьютерный эксперимент производится заново. Хотя данная технология сама по себе не позволяет прогнозировать погоду, она помогает уменьшить неопределённость входных данных за счёт статистики, основанной на реальных наблюдениях.

Для исследования эффективности указанного метода в задачах поддержки принятия решений в сельском хозяйстве была апробирована методика так называемого проактивного (Nordin, 2012) управления сельскохозяйственным посевом. Принципиальное отличие данного подхода от классических схем декларативного или реактивного управления состоит в том, что ни явная, ни гибкая (основанная на обратной связи) функция управления до начала опыта не задается, а решение об управлении в каждый момент времени принимается в on-line режиме на основании модельного прогноза будущей динамики управляемого объекта путем статистического анализа веера множества возможных сценариев развития при различных вариантах текущего воздействия. В настоящей работе методология проактивного управления была интегрирована с технологией оперативного сопровождения. Для оценки эффективности предложенной методики производилось ее сравнение с традиционными методиками декларативного и реактивного управления, работающего в режиме «посмертного учёта». В компьютерных экспериментах осуществлялся поиск оптимальной даты единственной азотной подкормки посевов яровой пшеницы для почвенно-климатических условий Меньковского филиала АФИ за 2006–2013 гг.

Схема вычислительного компьютерного эксперимента с использованием декларативного управления представляла собой выбор оптимального дня подкормки путём прямого перебора возможных дней с 1 мая по 15 августа с шагом в два дня. Для исследования эффективности реактивного управления была проведена серия из трёх экспериментов с разными показателями, используемыми для обратной связи:

- осуществление подкормки в фиксированной дозе в момент достижения заданного порогового значения физиологического времени;

- осуществление подкормки в фиксированной дозе в момент падения общего содержания минерального азота в метровом слое почвы ниже заданного порогового значения;
- осуществление подкормки в фиксированной дозе в момент превышения модельной концентрацией крахмала заданного порогового значения (физиологический критерий оценки степени азотного стресса).

Для каждого эксперимента при помощи инструмента однофакторного анализа (Медведев, 2015) по всем восьми экспериментальным годам искалась оптимальная величина показателя, используемого для осуществления обратной связи. Урожай, соответствующий данной величине, рассматривался в качестве оценки эффективности метода. После этого для дальнейшего сравнительного анализа выбирался наибольший из трёх полученных с помощью оптимального реактивного управления урожаев.

Исследование эффективности гипотетического проактивного управления потребовало выполнения уже целой серии взаимосвязанных компьютерных экспериментов. Общая схема проведения данных исследований включала два этапа. На первом этапе эмулировались действия потенциального пользователя, который в течение каждого из 8-ми реальных лет, рассматриваемых в вычислительных компьютерных экспериментах, осуществлял бы проактивное управление, прогнозируя погоду на оставшуюся часть вегетационного периода с помощью генератора стохастических погодных реализаций. В ходе указанных экспериментов для каждого из 8-ми рассматриваемых лет находилась своя оптимальная дата подкормки. На втором этапе проводился простой финальный расчетный компьютерный эксперимент, в котором в качестве даты подкормки для каждого года была указана найденная для него в первом эксперименте квазиоптимальная дата.

Методика проактивного управления, моделируемая в проводимых экспериментах, выглядит следующим образом. Создаётся проект вычислительного компьютерного эксперимента, исходные данные которого соответствуют сведениям о той агроэкосистеме, в которой происходит выращивание сельскохозяйственных культур в текущем вегетационном сезоне. В указанном проекте реальная погода, известная на момент его создания,

«размножена» таким образом, что все сценарии образуют веер возможных будущих реализаций погодных условий, полученный при помощи генератора погоды. Каждый день пользователь осуществляет процедуру оперативного сопровождения, пополняя суточные погодные метеоданные оперативными данными, и дважды просчитывает проект с разными датами внесения подкормки – «на сегодня» и «на завтра». Если прогнозируемый урожай для случая подкормки «на сегодня» оказывается выше, чем для случая подкормки «на завтра», на этом поиск проактивного управления заканчивается, и текущая «сегодняшняя» дата подкормки считается искомой оптимальной датой. В противном случае необходимо повторить все описанные действия на следующий день. Таким образом, предложенная методика исходит из неявного предположения о том, что каждому сценарию погоды соответствует единственный пик максимума в гипотетической зависимости конечной урожайности от даты подкормки.

Результаты проведённых исследований представлены в таблице. Нетрудно заметить, что даже декларативное управление датой подкормки (априорное назначение лучшего «в среднем» срока подкормки и использование его как норматива во все годы) в сумме за 8 лет дает весьма неплохой результат. Однако в отдельные годы отклонения полученных урожаев от оптимальных значений, соответствующих гипотетическому случаю наличия идеального прогноза (т.е. от максимально достижимых урожаев), весьма существенны. Ещё хуже складывается ситуация в случае реактивного управления, когда в качестве управляющей переменной выступает содержание азота в почве или содержание запасного углерода в посеве. Видимо, это объясняется неудачным выбором определяющего критерия. Реактивное управление по физиологическому времени, напротив, дает в среднем очень хороший результат, но проблема заключается в том, что данный показатель достаточно сложно отследить в натурном опыте.

Таблица. Сравнительная эффективность исследованных вариантов управления

Вариант управления	Показатель	Сезон вегетации								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Сред.
Полная информация (идеальный прогноз)	дата подкормки	17 июля	17 июля	27 июля	22 июля	13 июля	12 июля	17 июля	1 июля	
	модельный урожай (ц/га)	41,48	42	39,07	38,71	41,03	10,46	39,3	35,59	39,75
Декларативное управление (оптимальная дата – 16 июля)	дата подкормки	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля	16 июля
	модельный урожай (ц/га)	41,73	41,98	36,46	32,35	40,66	40,46	39,17	28,16	37,74
Реактивное управление по физиологическому времени (1)	дата подкормки	13 июля	11 июля	26 июля	19 июля	11 июля	10 июля	15 июля	30 июня	
	модельный урожай (ц/га)	41,46	41,26	39,07	37,81	40,81	40,46	39,17	35,59	39,46
Реактивное управление по содержанию азота в почве (2)	дата подкормки	22 июля	15 июня	6 июля	30 июня	23 июня	7 июля	22 июля		
	модельный урожай (ц/га)	40,74	33,5	34,83	28,71	28,93	40,46	36,55	18,13	32,19
Реактивное управление по запасному углероду (3)	дата подкормки	6 июля	22 июля		19 июля	5 июля	18 июля	5 июля	5 июля	
	модельный урожай (ц/га)	30,1	39,29	24,36	38,63	31,85	10,46	27,88	34,34	33,06
Проактивное управление	дата подкормки	15 июля	13 июля	28 июля	21 июля	13 июля	12 июля	5 июля	5 июля	
	модельный урожай (ц/га)	41,81	41,81	38,9	38,71	41,03	40,46	39,3	35,59	39,71

В варианте с проактивным управлением достигается наилучший результат, который максимально приближен к ситуации «предвидения будущего», когда даты оптимальных азотных подкормок заранее известны. Расхождения в датах проведения подкормок варьируются от 1-го до 4-х дней, а в 4-х годах из 8-ми отсутствуют. Это свидетельствует о том, что предложенная методика, характеризующаяся достаточно большим объемом вычислений, показывает, тем не менее, высокую эффективность при решении задачи оперативной поддержки таких агротехнологий, в которых реализация декларативных или реактивных схем управления оказывается затруднительной или невозможной.

Список литературы

1. Медведев С. А., Топаж А. Г., Белов А. В., Глядченкова Н. А., Лекомцев П. В. 2015. Распределённый измерительно-моделирующий комплекс для оперативного сопровождения полевого опыта // АгроЭкоИнфо. № 2. С. 3.
2. Медведев С. А. 2015. Методические основы поливариантного расчёта динамических моделей продукционного процесса сельскохозяйственных культур // АгроЭкоИнфо. № 4. С. 6.
3. Топаж А. Г. 1992. Моделирование суточных метеоданных как входного сигнала модели продукционного процесса // Сб. науч. тр. «Почва и растение - процессы и модели». СПб.: АФИ. С. 79–86.
4. Nordin J. 2012. Proactive Management (Or Proactive Decisions) / SAS Global forum. P. 178.

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ДИАГНОСТИКА ОБРАЗОВАНИЯ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР В ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВАХ

Н. И. Воробьев¹, А. М. Семенов², О. В. Свиридова¹, В. Н. Пищик³

¹*ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (ФГБНУ ВНИИСХМ)*

²*Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова*

³*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»*

В настоящее время молекулярно-генетические исследования оснащены высокоточными и производительными измерительными приборами. В связи с этим стало возможным оперативное получение обширной информации о количественном и качественном составе почвенных микробных сообществ как культивируемых, так и некультивируемых форм. Полимеразная цепная реакция, лежащая в основе данных устройств, на выходе предоставляет с высоким разрешением спектры оперативно таксономических единиц (ОТЕ), отражающих широкое разнообразие микробных генотипов в исследуемых почвенных образцах. В связи с необходимостью обработки лавинно возрастающего потока молекулярно-генетических данных стала актуальной задача создания специальной математической методики обработки частотно-таксономических спектров ОТЕ и извлечения информации о механизмах адаптации микробных сообществ к изменению почвенных экологических условий.

ISBN 978-5-905200-32-8



Материалы Всероссийской научной конференции
(с международным участием)
**«Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от
теоретической модели к практике прецизионного управления»**
Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2016 г.

Редактор: О. А. Агеенкова

Технический редактор: А. Ю. Цивилев

Подписано в печать 23.11.2016.

Подготовлено к печати в ФГБНУ АФИ
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14.