

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ АДАПТАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ
ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР МОЛДОВЫ
К НОВЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ
СОГЛАСНО МОДЕЛЯМ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА
CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4**

ВНЕСЕНИЕ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ НОРМ УДОБРЕНИЙ

Лилия ЦЭРАНУ

Институт экологии и географии АН Молдовы

În comparație cu perioada de referință (1960-1990), pentru perioada 2010-2039 a fost identificată eficacitatea înaltă a măsurii de adaptare la schimbările climatice – utilizarea îngrășămintelor. În funcție de cultură și modelul utilizat de circulație generală a atmosferei (ECHAM4, HadCM2 și CSIRO-Mk2), pentru perioada respectivă este anticipată majorarea productivității culturilor agricole de bază: *pentru grâul de toamnă*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 11,0%, CSIRO-Mk2 – cu 14,0% și HadCM2 – cu 15,7%; *pentru porumb*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 21,5%, HadCM2 – cu 24,1% și CSIRO-Mk2 – cu 25,3%; *pentru floarea-soarelui*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 32,8%, HadCM2 – cu 34,1% și CSIRO-Mk2 – cu 38,9%; *pentru sfecla de zahăr*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 26,1% și CSIRO-Mk2 – cu 26,7%. Ulterior, către perioada 2070-2099 eficacitatea măsurii respective de adaptare se va reduce semnificativ ca urmare a creșterii temperaturii medii a aerului și evaporării, respectiv, reducerii cantităților de precipitații atmosferice. O vulnerabilitate mai mare la noile condiții de climă vor fi caracteristice grâului de toamnă și sfeclei de zahăr, într-o măsură mai mică – porumbului. Pentru floarea-soarelui se va păstra tendința de majorare a productivității, cu 33,1% în cazul modelului ECHAM4, respectiv cu până la 38,4% în cazul modelelor CSIRO-Mk2 și HadCM2.

In comparison with the reference period (1960-1990), for the 2010-2039 time series it was revealed a high effectiveness of such adaptation measure as fertilizers use. In dependence of the crop and the general atmospheric circulation models (ECHAM4, HadCM2 and CSIRO-Mk2), the predicted increase of productivity will vary *for winter wheat* – from 11.0% under the ECHAM4, to 14.0% under the CSIRO-Mk2 and up to 15.7% under HadCM2; *for maize* – from 21.5% under the ECHAM4 to 24.1% under the HadCM2 and up to 25.3% under the CSIRO-Mk2 model; *for sunflower* – from 32.8% under the ECHAM4 to 34.1% under the HadCM2 and up to 38.9% under the CSIRO-Mk2; *for sugar beet* – from 26.1% under the ECHAM4 to 26.7% under the CSIRO-Mk2. Further, by 2070-2099 periods, due to the increase of average air temperatures and the evaporation, as well as a consequence of precipitations decrease, the effectiveness of respective adaptation measure will reduce significantly. Within the respective period of time the winter wheat and sugar beet will reveal more vulnerability to climate change, while the grain maize less vulnerability to the new climate conditions. For sunflower it will be characteristic a continuing increases of productivity, varying from 33.1% under the ECHAM4 up to 38.4% under the CSIRO-Mk2 and HadCM2 models.

В условиях Молдовы основным фактором, лимитирующим получение высоких урожаев, является недостаточная влагообеспеченность. Применение удобрений является эффективным технологическим приемом, позволяющим снизить последствия почвенной засухи за счет рационального использования резервов влаги растениями. При внесении оптимальных доз удобрений озимая пшеница и кукуруза на зерно для формирования урожая потребляют на 20-25%, а сахарная свекла – на 45% меньше воды, в сравнении с контрольным вариантом без удобрений [1]. Согласно [2, цит. по 1], прибавка урожая от внесения 1 кг NPK составляет 5,2 кг озимой пшеницы, 5,8 кг кукурузы на зерно, 2,9 кг семян подсолнечника, 38,0 кг корнеплодов сахарной свеклы. При внесении минеральных удобрений прибавка урожая составляет 11,8 ц озимой пшеницы, 14,0 ц кукурузы на зерно, 5,2 ц подсолнечника, 138 кг сахарной свеклы. Подсчитано, что при применении минимальных доз удобрений прибавка урожая составляет 8-13% для зерновых культур и 11-16% для технических культур [3]. Внедрение оптимальной системы внесения минеральных удобрений приводит к росту урожайности зерновых на 20-26% и технических культур на 23-42%. Оптимальная система внесения удобрений в сочетании с севооборотами обеспечивает высокие урожаи и позволяет получить прибавку урожая: 48,0% – озимой пшеницы, 35,0% – кукурузы на зерно, 34,7 – подсолнечника, 65,7% – сахарной свеклы [1]. Подсчитано, что за счет удобрений в целом по стране можно получить дополнительную прибавку около 350 тыс. тонн озимой пшеницы, 275 тыс. тонн кукурузы на зерно, 60 тыс. тонн семян подсолнечника и 550 тыс. тонн сахарной свеклы [3].

Целью исследований был анализ возможной адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям, согласно моделям изменения климата CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, за счет внесения научно обоснованных норм удобрений.

Материалы и методы

Прогноз воздействия климатических изменений на урожайность озимой пшеницы, кукурузы, сахарной свеклы и подсолнечника сделан на основе проекций изменения температуры воздуха и количества осадков, полученных регионализацией глобальных экспериментов трех наиболее достоверных для условий Молдовы моделей глобальной циркуляции атмосферы и океана CSIRO-Mk2 (The Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), HadCM2 (The UK Hadley Center for Climate Prediction and Research) и ECHAM4 (The German Climate Research Centre). Сценарии GCM доступны в архиве Hadley Center for Climate Prediction and Research http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/is92/gcm_data.html (DDC GCM Data Archive).

В качестве метода исследований выбран поиск взаимосвязей между изменчивостью климата и урожайностью указанных культур, с помощью регрессионного анализа (с помощью пакета прикладных программ STATGRAPHICS Plus и Microsoft Office Excel). Основой для составления статистической проекции по адаптации послужил расчет экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур (с учетом внесения научно обоснованных норм удобрений), представленный в таблице 1.

Результаты и обсуждение

Экономическая эффективность удобрений была определена как в полевых экспериментах в орошаемых и неорошаемых условиях [1, 4-8], так и в условиях производства [9-10]. Рассчитана [3] экономическая эффективность возделывания основных сельскохозяйственных культур Молдовы с учетом использования научно обоснованных норм внесения удобрений.

Таблица 1

**Расчет экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур
(с учетом внесения научно обоснованных норм удобрений)**

Показатели	Единицы измерения	Озимая пшеница	Кукуруза на зерно	Сахарная свекла	Подсолнечник
Урожайность (средняя по РМ в 2004)	т/га	2,75	3,07	26,11	1,24
Средняя цена реализации	лей/т	1 500	1 000	370	2 700
Стоимость произведенной продукции с 1 га	лей/га	4 121,1	3 071,2	9 661,3	3 344,6
Себестоимость произведенной продукции с 1 га	лей/га	3 500	2 600	8 000	2 800
Прибыль, полученная с 1 га	лей/га	621,1	471,2	1 661,3	544,6
Уровень рентабельности	%	17,7%	18,1%	20,8%	19,4%
Относительная прибавка урожая за счет использования удобрений	%	35	35	35	35
Абсолютная (возможная) прибавка урожая за счет использования удобрений	т/га	0,96	1,07	9,14	0,43
Урожайность, которую можно получить	т/га	3,71	4,15	35,25	1,67
Стоимость продукции, которую можно получить	тыс./лей	5 563,5	4 146,1	13 042,8	4 515,2
Себестоимость возможной продукции	лей/га	4 200	3 000	9 300	3 350
Прибыль, которую можно получить с 1 га	лей/га	1 363,5	1 146,1	3 742,8	1 165,2
Уровень возможной рентабельности с 1 га	%	32,5%	38,2%	40,2%	34,8%
Отклонение уровня возможной рентабельности от среднего уровня рентабельности	р.р.	14,7	20,1	19,5	15,3
Отклонение уровня возможной прибыли от среднего уровня прибыли	лей/га	742,40	674,92	2 081,47	620,60
Стоимость продукции, которую можно получить с 1 га в стоимостном выражении	лей/га	1 442,4	1 074,9	3 381,5	1 170,6

Источники: [3], [12].

Подсчитана экономическая эффективность внесения минимальной, средней и оптимальной норм удобрений в полевых севооборотах для 2006-2020 годов. Планируется применение оптимальных норм удобрений на 1 млн. 700 тыс. га. Предполагается, что каждый инвестированный лей окупится 1,95 лей. Рентабельность составит при производстве озимой пшеницы 39%, кукурузы на зерно – 26%, сахарной свеклы – 81%, причем на орошаемых землях эффективность удобрений, как агрономическая, так

и экономическая, будет выше, чем на неорошаемых полях [3]. Учитывая вышесказанное, нами проведен анализ адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно моделям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, с учетом внесения научно обоснованных норм удобрений. Чувствительность урожайности зерновых (кукурузы и пшеницы) и технических (подсолнечника и сахарной свеклы) культур к изменению климата, согласно моделям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, для различных временных периодов 2010-2039 гг., 2040-2069 гг., 2070-2099 гг., относительно базового периода 1960-1990 гг., представлена на рис. 1-12.



Рис.1



Рис.2



Рис.3

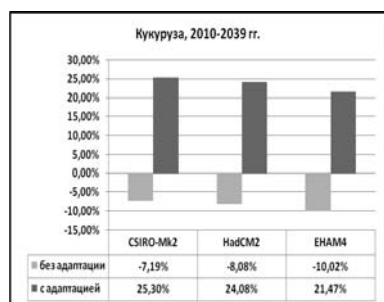


Рис.4

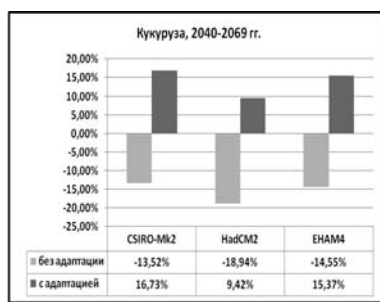


Рис.5

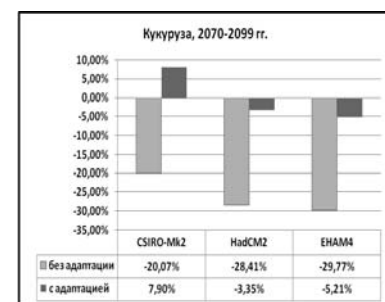


Рис.6

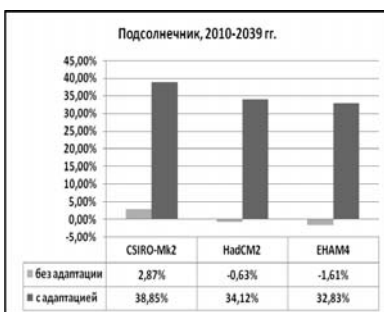


Рис.7

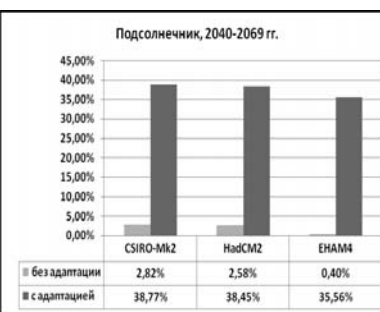


Рис.8

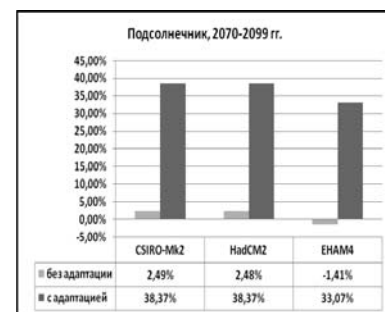


Рис.9

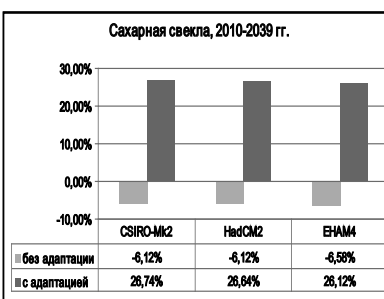


Рис.10



Рис.11



Рис.12

Рис.1-12. Чувствительность урожайности озимой пшеницы, кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы без адаптации и с учетом мер адаптации (внесения научно обоснованных норм удобрений) к новым климатическим условиям, согласно моделям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, для различных временных горизонтов (статистическая проекция).

Отражена реакция данных культур без учета адаптации и с учетом адаптации (в частности, внесение научно обоснованных доз удобрений). Анализ представленных статистических проекций показывает высокую эффективность адаптации за счет внесения научно обоснованных норм удобрений для первого временного периода 2010-2039 гг. относительно базового периода 1960-1990 гг. В зависимости от культуры, прогнозируемый рост урожайности составит: озимая пшеница – от +10,98% модель ECHAM4 до +13,97% по CSIRO-Mk2 и/или +15,73% модель HadCM2; кукуруза – от +21,47% модель ECHAM4 до +24,08% HadCM2 и/или +25,30% модель CSIRO-Mk2; подсолнечник – от +32,83% модель ECHAM4 до +34,12% по HadCM2 и/или +38,85% модель CSIRO-Mk2; сахарная свекла – от +26,12% модель ECHAM4 до +26,74% модель CSIRO-Mk2.

К 2040-2069 годам, возможно, сохранится тенденция к росту урожайности с учетом адаптации (использования удобрений); предполагаемое увеличение составит: кукуруза – от +9,42% модель HadCM2 до +15,37% по ECHAM4 и/или +16,73% модель CSIRO-Mk2; подсолнечник – от +35,56% модель ECHAM4 до +38,45% по HadCM2 и/или +38,77% модель CSIRO-Mk2; сахарная свекла – от +2,81 модель HadCM2 до +17,77% по CSIRO-Mk2 и/или +18,08% модель ECHAM4. У озимой пшеницы для данного временного горизонта небольшой рост урожайности + 3,48% прогнозируется только по модели CSIRO-Mk2, в то время как по двум другим моделям изменения климата возможно снижение урожайности от 3,02% модель ECHAM4 до 13,75% модель HadCM2 в сравнении с урожайностью базового периода.

В дальнейшем, в связи с ростом температур и испаряемости к 2070-2099 годам, на фоне снижения количества осадков эффективность данного вида адаптации заметно снизится. Наибольшей чувствительностью к изменению климата, даже с учетом мер адаптации (использования удобрений), отличается озимая пшеница и сахарная свекла, в меньшей степени – кукуруза. Для озимой пшеницы прогнозируется снижение урожайности по моделям относительно базового периода от 16,46% CSIRO-Mk2 до 30,98% HadCM2 и/или 37,34 ECHAM4. Возможное снижение урожайности по двум моделям составит для кукурузы от 3,35% HadCM2 до 5,21% ECHAM4 и сахарной свеклы 2,31% ECHAM4 и/или 17,70% HadCM2.

По более оптимистичной модели CSIRO-Mk2, к 2070-2099 годам у кукурузы и сахарной свеклы с учетом адаптации возможен небольшой рост урожайности в 7,90% и 8,81%, соответственно, к уровню базового периода (1960-1990 годы). У подсолнечника к 2070-2099 годам, с учетом мер адаптации, сохранится тенденция к росту, относительная прибавка урожайности, возможно, составит от +33,07% модель ECHAM4 до +38,37% модель CSIRO-Mk2, HadCM2.

Выводы

Показана высокая эффективность адаптации за счет использования удобрений для первого временного периода 2010-2039 гг. относительно базового периода 1960-1990 гг. В зависимости от культуры, предполагаемый рост урожайности, возможно, составит: озимая пшеница – от +10,98% модель ECHAM4 до +13,97% CSIRO-Mk2 и/или +15,73% модель HadCM2; кукуруза – от 21,47% ECHAM4 до +24,08% HadCM2 и/или +25,30% модель CSIRO-Mk2; подсолнечник – от +32,83% ECHAM4 до +34,12% HadCM2 и/или +38,85% модель CSIRO-Mk2; сахарная свекла - от +26,12% ECHAM4 до +26,74% модель CSIRO-Mk2. В дальнейшем, к 2070-2099 годам, в связи с ростом температур и испаряемости, на фоне снижения количества осадков эффективность данного вида адаптации заметно снизится. Наибольшей чувствительностью к изменению климата отличается озимая пшеница и сахарная свекла, в меньшей степени – кукуруза. У подсолнечника сохранится тенденция к росту; относительная прибавка урожайности, возможно, составит от +33,07% модель ECHAM4 до +38,37% модель CSIRO-Mk2, HadCM2.

Литература:

1. Andrieș S. Optimizarea regimurilor nutritive ale solurilor și productivitatea plantelor de cultură. – Ch.: Pontos, 2007. – 384p.
2. Нормативы по использованию минеральных и органических удобрений в сельском хозяйстве Молдавской ССР. – Кишинев, 1987. – 39с.
3. Program complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. Partea II. Sporirea fertilității solurilor. – Chișinău: Pontos, 2004. – 125p.
4. Туртуряну Н.А. Эффективность применения удобрений на почвах Молдавии. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1976. – 80с.
5. Ильин И.К. Оценка экономической эффективности орошения и удобрений. – Кишинев: Штиинца, 1989. – 68с.
6. Загорча К.Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 288 с.
7. Recomandări perfecționate privind aplicarea îngrășămintelor pe diferite soluri în asolamente de câmp în perioada postprivatizățională. – Chișinău, 2001, p.4-22.
8. Gumanic A. Irigarea și fertilizare culturilor agricole în condiții de subasigurare cu apa. – Chișinău, 2004. – 321p.

9. Бурлаку И.Н., Туртуряну Н.А. Эффективность использования удобрений в производственных условиях Молдавии. // Удобрение, плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур в Молдавии. – Кишинев, 1986, с.53-63.
10. Burlacu, I. Deservirea agrochimică a agriculturii în Republica Moldova. – Chișinău: Pontos, 2000. – 228p.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. - Москва: Высшая школа, 1990. - 352 с.
12. Ungureanu V., Cerbari V., Magdil A., Cherman E. Practici agricole prietenoase mediului: îndrumar. Proiectul Controlului Poluării în Agricultură. Agenția Națională de Dezvoltare Rurală. – Chișinău: Î.S. F.E.-P. „Tipogr. Centrală”, 2006. - 96 p.

Prezentat la 15.07.2009