

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОЙ АДАПТАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ ОСНОВНЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР МОЛДОВЫ
К НОВЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ
СОГЛАСНО МОДЕЛЯМ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА
CSIRO-MK2, HADCM2, ECHAM4**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРАКТИКИ РОТАЦИИ КУЛЬТУР
И НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ СЕВОБОРОТОВ**

Лилия ЦЭРАНУ

Институт экологии и географии АН Молдовы

În comparație cu perioada de referință (1960-1990), pentru perioada 2010-2039 a fost identificat un avantaj relativ al unor măsuri de adaptare, precum utilizarea asolamentelor și selecția optimă a predecesorului. În dependență de cultură și modelul utilizat de circulație generală a atmosferei (ECHAM4, HadCM2 și CSIRO-Mk2), pentru această perioadă este anticipată o creștere a productivității culturilor agricole: *pentru grâul de toamnă*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 2,8%, CSIRO-Mk2 – cu 5,5% și HadCM2 – cu până la 7,2%; *pentru porumb*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 12,5%, HadCM2 – cu 14,9% și CSIRO-Mk2 – cu până la 16,0%; *pentru floarea-soarelui*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 23,0%, HadCM2 – cu 24,2% și CSIRO-Mk2 – cu până la 28,6%; *pentru sfecla de zahăr*, în cazul modelelor: ECHAM4 – cu 16,8% și CSIRO-Mk2 – cu 17,4%. În perioada 2070-2099 eficacitatea măsurilor respective de adaptare se va reduce semnificativ ca urmare a creșterii temperaturii medii a aerului și evaporării, respectiv, reducerii precipitațiilor atmosferice. Se relatează că îmbunătățirea sistemelor de utilizare a terenurilor agricole prin luarea în considerație a schimbărilor climatice, de rând cu alte măsuri socioeconomice, poate contribui la reducerea impactului negativ al schimbărilor climatice și la obținerea unor beneficii economice.

In comparison with the reference period (1960-1990), for the 2010-2039 time series it was revealed a relative advantage of such adaptation measures like use of crops rotation and the optimal selection of predecessors. Depending on the crop and the general atmospheric circulation models (ECHAM4, HadCM2 and CSIRO-Mk2), the predicted increase of productivity will vary for *winter wheat* – from 2.8% under the ECHAM4, to 5.5% under the CSIRO-Mk2 and up to 7.2% under HadCM2; for *grain maize* – from 12.5% under the ECHAM4 to 14.9% under the HadCM2 and up to 16.0% under the CSIRO-Mk2; for *sunflower* – from 23.0% under the ECHAM4 to 24.2% under the HadCM2 and up to 28.6% under the CSIRO-Mk2; for *sugar beet* – from 16.8% under the ECHAM4 to 17.4% under the CSIRO-Mk2. By 2070-2099 periods, due to the increase of average air temperature and evaporation, as well as a consequence of precipitations decrease, the effectiveness of respective adaptation measures will reduce significantly. It was revealed that by improving the land use systems, inclusive by taking into consideration the future climate changes, in parallel with other socio-economical measures, it will be possible to reduce the negative impact of climate changes and even obtain a certain economic benefit.

Реальность изменения климата и условий ведения сельского хозяйства в Молдове требуют заранее разработанной специальной программы адаптации аграрного сектора для его устойчивого развития в новых климатических условиях. Необходимо проводить научные исследования по уточнению прогнозных изменений климата в сельскохозяйственных районах, и уже в соответствии с такими программами разрабатывать сельскохозяйственные программы развития регионов. В этих программах необходимо предусмотреть изменение аграрной специализации агроклиматических районов, структуры посевных площадей, типов культур, корректировку агротехнических приемов и т.д., вплоть до ограничения развития сельскохозяйственного производства в отдельных районах. Сейчас климатический фактор не учитывается зачастую как сельскохозяйственными производителями, так и отраслевыми министерствами, что может привести в ближайшем будущем к большим социальным и экономическим потерям в стране, а также неэффективному распределению инвестиций в сельское хозяйство. Например, уже сейчас южные аграрные районы Молдовы сталкиваются с абсолютно непредвиденными и жесткими ограничениями в виде увеличения засушливости территорий, что приводит к неустойчивому развитию аграрного сектора, в то время как северные районы, с лучшим увлажнением, за счет увеличения длины вегетационного периода и, соответственно, сумм эффективных температур, могут перейти к выращиванию позднеспелых гибридов кукурузы, обладающих более высокой потенциальной урожайностью. Использование в качестве меры адаптации даже одного этого фактора способно, по мнению авторов [1], компенсировать снижение продуктивности данной культуры вследствие изменения температуры воздуха и осадков в первой половине этого столетия. В [1] представлена стратегия адаптации отраслей растениеводства к новым климатическим условиям, включающая: организационные меры; при-

менение экзогенных методов для управления процессами роста и развития растений в условиях аридизации климата; усиление селекционно-генетической работы; меры по адаптации озимых зерновых, кукурузы и винограда. Целью нашего исследования был анализ адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно моделям глобальной циркуляции атмосферы и океана CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, с учетом использования ротации культур и научно обоснованных севооборотов.

Материалы и методы

Прогноз воздействия климатических изменений на сельское хозяйство Молдовы сделан на основе проекций изменения температуры воздуха и 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 Organization), HadCM2 (The UK Hadley Center for Climate Prediction and Research) и ECHAM4 (The German Climate Research Centre) [2]. 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, на базе регрессионного анализа [3] (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 оптимального подбора предшественников и использования севооборотов [4, 5], представленный в таблице 1.

Таблица 1

Расчет экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур (с учетом оптимального подбора предшественников и использования севооборотов)

Показатели	Единицы измерения	Озимая пшеница	Кукуруза на зерно	Сахарная свекла	Подсолнечник
Урожайность (средняя по Республике Молдова 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 предшественника – бобовые на зерно	%	25	25	25	25
Возможная прибавка урожая за счет использования предшественника – бобовые на зерно	т/га	0,69	0,77	6,53	0,31
Урожайность, которую можно получить	т/га	3,43	3,84	32,64	1,55
Стоимость продукции, которую можно получить	тыс./лей	5 151,4	3 839,0	12 076,7	4 180,7
Себестоимость возможной продукции	лей/га	4 200	3 000	9 300	3 350
Прибыль, которую можно получить с 1 га	лей/га	951,4	839,0	2 776,7	830,7
Уровень возможной рентабельности с 1 га	%	22,7%	28,0%	29,9%	24,8%
Отклонение уровня возможной рентабельности от среднего уровня рентабельности	р.р.	4,9	9,8	9,1	5,3
Отклонение уровня возможной прибыли от среднего уровня прибыли	лей/га	330,28	367,80	1 115,34	286,14
Стоимость продукции, которую можно получить с 1 га в стоимостном выражении	лей/га	1 030,3	767,8	2 415,3	836,1

Источники: [4], [5].

Результаты и обсуждение

Существует множество вариантов адаптации, предполагающих разные уровни затрат от изменения существующих методов, вплоть до изменения мест ведения сельскохозяйственной деятельности. Эффективность адаптации варьирует от минимального уменьшения отрицательных последствий до превращения отрицательных последствий в положительные. Например, в системах выращивания зерновых такие меры адаптации, как изменение сортов и времени посадки, позволяют избежать 10-15% снижения урожайности, что соответствует местному повышению температуры на 1-2°C [6]. Польза от адаптации, как правило, возрастает пропорционально степени изменения климата. Для содействия

адаптации необходимы изменения в политике и органах управления. Давление, направленное на чрезмерную эксплуатацию плодородных земель или на использование неустойчивых методов земледелия, может усилить деградацию сельскохозяйственных угодий, а также поставить под угрозу продовольственную безопасность страны. Нами предпринята попытка анализа адаптации урожайности основных зерновых и технических культур Молдовы к новым климатическим условиям согласно моделям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4, с учетом использования практики ротации культур и научно обоснованных севооборотов. 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 2010-2039гг, 2040-2069гг, 2070-2099гг., относительно базового периода 1960-1990 гг., представлена на рис. 1-12. Отражена реакция данных культур без учета адаптации и с учетом адаптации (в частности, использования практики ротации культур и севооборотов).

Анализ представленных статистических проекций показывает относительное преимущество адаптации за счет использования севооборотов и оптимального подбора предшественника для первого временного периода 2010-2039 гг. относительно базового периода 1960-1990 гг.

В зависимости от культуры, прогнозируемый рост урожайности составит: озимая пшеница – от +2,76% модель ECHAM4 до +5,53% CSIRO-Mk2 и/или +7,16% модель HadCM2; кукуруза – от 12,47% модель ECHAM4 до +14,89% HadCM2 и/или +16,02% модель CSIRO-Mk2; подсолнечник – от +22,99% модель ECHAM4 до +24,18% HadCM2 и/или +28,57% модель CSIRO-Mk2; сахарная свекла – от +16,78% модель ECHAM4 до +17,35% модель CSIRO-Mk2.

В дальнейшем, к 2070-2099 годам, в связи с ростом температур и испаряемости на фоне снижения количества осадков эффективность адаптации заметно падает. Прогнозируется снижение урожайности по двум моделям изменения климата, даже с учетом адаптации (использования севооборотов), относительно базового периода: кукуруза 10,51% HadCM2 и/или 12,23% ECHAM4; сахарная свекла 9,54% ECHAM4 и/или 23,80% HadCM2; озимая пшеница от 22,64% CSIRO-Mk2 до 36,09% HadCM2 и/или 41,98 ECHAM4.

Согласно по более оптимистичной модели CSIRO-Mk2, для данного временного горизонта у кукурузы и сахарной свеклы с учетом адаптации, урожайность сохранится на уровне базового периода (1960-1990 годы). Для подсолнечника к 2070-2099 годам с учетом мер адаптации прогнозируется положительная реакция, относительная прибавка урожайности может составить +23,22% модель ECHAM4 и/или +28,12% модели CSIRO-Mk2, HadCM2.

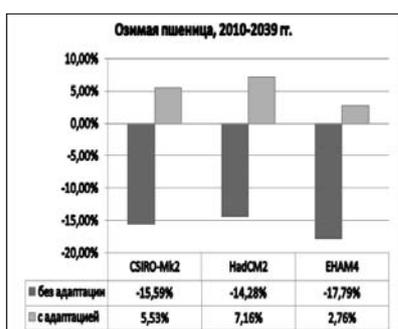


Рис.1

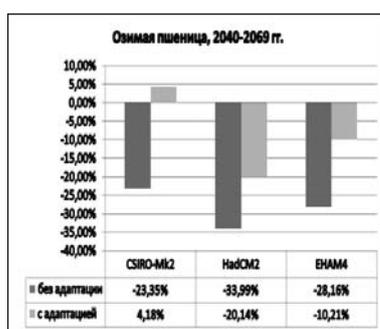


Рис.2

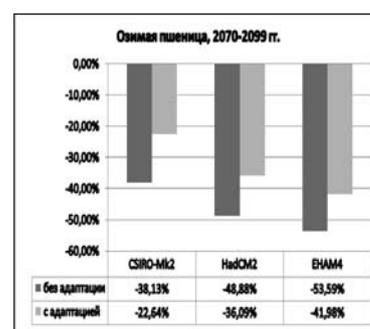


Рис.3

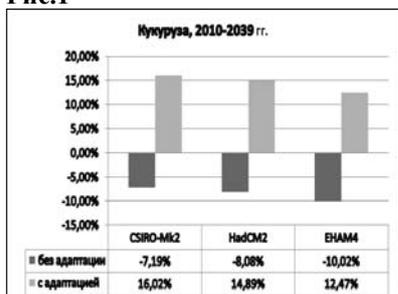


Рис.4

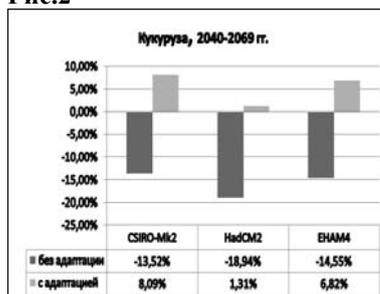


Рис.5

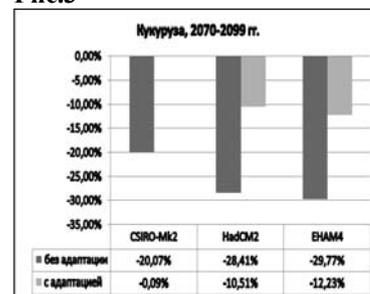


Рис.6

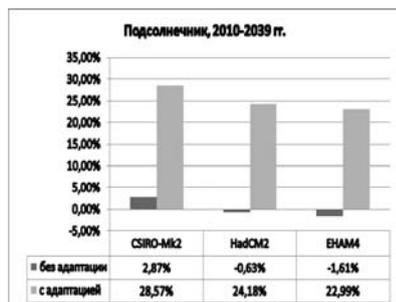


Рис.7



Рис.8

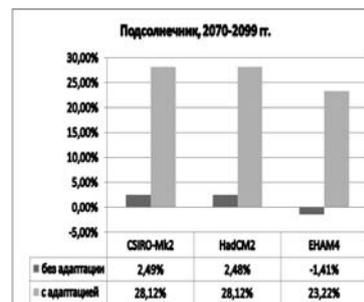


Рис.9

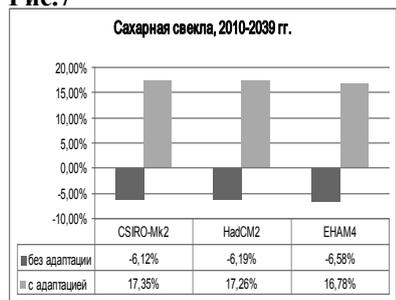


Рис.10

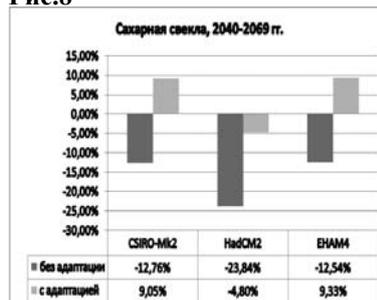


Рис.11

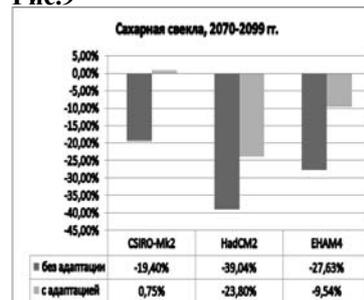


Рис.12

Рис.1-12. Чувствительность урожайности зерновых (озимой пшеницы и кукурузы) и технических (подсолнечника и сахарной свеклы) к изменению климата согласно моделям CSIRO-Mk2, HadCM2, ECHAM4 для различных временных горизонтов (статистическая проекция).

Современные рекомендации по использованию рациональных севооборотов для сельскохозяйственных предприятий предлагают наиболее оптимальное размещение сельскохозяйственных культур после предшественников, а также ротацию культур [7].

Для *озимой пшеницы* предшественники делятся на две группы: *первая группа* – культуры, которые убираются в первую половину лета (до 1 июля): рожь, вика озимая и яровая, овощной горошек, люцерна, кормовые бобовые отдельно или в смеси со злаковыми культурами в последний год жизни после первого укоса; *вторая группа* – культуры, которые освобождают поле во второй половине лета: горох на зерно, повторная культура зерновых (самое большее 2 года), кукуруза на силос, фасоль. Необходимо отметить, что урожайность озимой культуры намного выше после предшественников первой группы. *Полевые севообороты* рекомендуется заполнять зерновыми культурами (озимая пшеница, ячмень, кукуруза на зерно) в пропорции 40 – 70%. *Кукуруза на зерно* является культурой менее требовательной к предшественникам и может возделываться как повторная культура, причем во второй год способна обеспечивать урожайность до 6,5 т/га. Лучшими предшественниками для кукурузы являются бобовые однолетние и многолетние, зерновые культуры. У *подсолнечника* урожайность напрямую зависит от времени возврата на прежнее место возделывания, оптимальное время возвращения культуры составляет 7-9 лет. *Сахарную свеклу* рекомендуется размещать в севообороте после озимой пшеницы, которая, в свою очередь, размещается после предшественников первой группы, в этом случае обеспечивается дополнительный урожай (0,6-0,8 т сахара с гектара).

Рекомендуется использовать следующие севообороты:

Северная зона.

Севооборот I. 1. Многолетние травы. 2. Многолетние травы. 3. Озимая пшеница (ячмень). 4. Сахарная свекла. 5. Кукуруза на зерно. 6. Горох на зерно. 7. Озимая пшеница. 8. Сахарная свекла. Табак. 9. Кукуруза на зерно. 10. Озимый ячмень.

Севооборот II. 1. Вика яровая + яровой ячмень, овес. 2. Озимая пшеница. 3. Сахарная свекла. 4. Кукуруза на зерно. 5. Горох на зерно. 6. Озимая пшеница. 7. Сахарная свекла. 8. Кукуруза на зерно. 9. Яровой ячмень. 10. Подсолнечник.

Севооборот III. 1. Кукуруза на зеленый корм + люцерна. 2. Люцерна. 3. Люцерна. 4. Озимая пшеница. 5. Сахарная свекла. 6. Кукуруза на зерно. 7. Горох на зерно. 8. Озимая пшеница. 9. Сахарная свекла. 10. Кукуруза на силос.

Центральная и южная зоны.

Севооборот IV. 1. Смешанные посевы: яровая или озимая вика + рожь, ячмень (яровой или озимый), овес. 2. Озимая пшеница. 3. Кукуруза на зерно. 4. Горох на зерно. 5. Озимая пшеница. 6. Кукуруза на зерно. 7. Подсолнечник. Табак.

Севооборот V. 1. Кукуруза на силос. 2. Озимая пшеница, ячмень. 3. Кукуруза на зерно. 4. Горох на зерно. 5. Озимая пшеница. 6. Кукуруза на зерно. 7. Яровой ячмень. 8. Подсолнечник. Табак.

Для фермерских мелких и средних хозяйств рекомендуется использовать севообороты из 3 - 4 культур. Включение многолетних трав, подсолнечника или табака в севооборот требует большего количества полей или разбивки их на более мелкие участки. В качестве примера может служить следующий севооборот: 1. Занятый пар. 2. Люцерна $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$ сахарная свекла. 3. Озимая пшеница. 4. Люцерна $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$ ячмень, соя. 5. кукуруза на зерно.

На склонах крутизной от 5 до 7⁰ рекомендуются защитные кормовые противоэрозионные севообороты, в которых преобладают культуры сплошного посева, например со следующей схемой чередования культур: 1.Эспарцет. 2.Эспарцет. 3. Озимая пшеница. 4. Горох на зерно, смесь бобовых и злаковых культур на зеленый корм. 5. Озимая пшеница, смесь вики с овсом. Такие севообороты позволяют не только в значительной степени уменьшить эрозию, но и улучшить азотный режим за счет фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями при выращивании бобовых культур [8]. Годовой размер такой фиксации составляет (кг/га): клевер красный 1-го года пользования – 263, донник желтый – 200, люцерна – 170, донник белый – 153, люпин однолетний – 139, горох на зеленый корм – 138, горох на зерно – 106, сераделла – 118, вика - овес – 70, горох-овес – 53 [9].

Проведенное исследование показывает, что улучшение структуры землепользования и системы сельскохозяйственного производства (оптимальный подбор предшественников, ротация культур и т. д.) с учетом будущих изменений климата, наряду с другими мерами экономического и социального плана, способно не только снизить отрицательное воздействие изменения климата, но и дать определенный положительный результат. Однако это уже сейчас существует экстренная необходимость в разработке национального плана по адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

Выводы

Выявлено относительное преимущество адаптации сельскохозяйственного производства за счет использования севооборотов и оптимального подбора предшественника для первого временного горизонта 2010-2039 гг. относительно базового периода 1960-1990 гг. В зависимости от культуры, предполагаемый рост урожайности составит: озимая пшеница – от 2,76% ECHAM4 до +5,53% CSIRO-Mk2 и/или +7,16% модель HadCM2; кукуруза – от 12,47% ECHAM4 до +14,89% HadCM2 и/или +16,02% модель CSIRO-Mk2; подсолнечник - от +22,99% ECHAM4 до +24,18% HadCM2 и/или +28,57% модель CSIRO-Mk2; сахарная свекла - от +16,78% ECHAM4 до +17,35% 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 падает. Представлены основные требования к ротации и оптимальные схемы размещения сельскохозяйственных культур. Показано, что улучшение системы землепользования с учетом будущих изменений климата, наряду с другими мерами экономического и социального плана, способно не только снизить отрицательное воздействие изменения климата, но и дать определенный положительный результат.

Литература:

1. Коробов Р., Чалык С., Буюкли П. Оценка чувствительности растениеводства к возможному изменению климата // Климат Молдовы в XXI веке: проекции изменений, воздействий, откликов. – Кишинев, 2004, с.213-253.
2. Ministerul Mediului și Amenajării Teritoriului / PNUD Moldova (2000) Prima Comunicare Națională a Republicii Moldova elaborată în cadrul Convenției Națiunilor Unite privind Schimbarea Climei. – Chișinău, 2000. – 74 p.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. - Москва: Высшая школа, 1990. – 352 с.
4. Andrieș S., Constantinov I., Filipciuc V. și alții. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. - Chișinău, 2004. - 212 p.
5. Ungureanu V., Cerbari V., Magdil A., Cherman E. Practici agricole prietenoase mediului: îndrumar. Proiectul Controlului Poluării în Agricultură. Agenția Națională de Dezvoltare Rurală. – Ch.: Î.S. F.E.-P. „Tipogr. Centrală”, 2006. - 96 p.
6. Изменения климата, 2007. Последствия, адаптация и уязвимость. Часть вклада Рабочей группы II в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках, 2007. – 124с.
7. Asolamente raționale pentru gospodăriile agricole din Republica Moldova: Recomandări. Ministerul Agriculturii și Alimentației al Republicii Moldova. - Bălți, 1997. – 66 p.
8. Цыганок В.Д., Андриеш С.В. Система применения удобрений для получения планируемых по влагообеспеченности урожаев и восстановления почвенного плодородия // Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация: Пособие. – Ch.: Pontos, 2001. – 428 p.
9. Лукин С.Н. Значение биологической азотфиксации бобовых в балансе азота в земледелии Нечерноземной зоны России. // Агрохимия. – 1995. – №8. – С.11-17.

Prezentat la 15.07.2009