

Інтенсивні та екологічно ощадні технології рослинництва
Intensive and ecosaving techniques in crop production

УДК 631.17:631.95

Биосферные основы повышения продуктивности земледелия

А.С. Кушнарев¹, Н.П. Артёмов²¹УкрНДИПВТ им. Погорелого (г. Харьков, Украина)²Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им.П. Василенко (г. Харьков, Украина)

Для получения высокого урожая культурных растений сегодня интенсивно используются не возобновляемые источники энергии, которые способствуют выполнению функций живого вещества в геобиоценозах и агроценозах. Рассмотрены альтернативные пути, обеспечивающие рациональное функционирование живого вещества и роль биоразнообразия в агроценозах.

Ключевые слова: биосфера, геобиоценоз, агроценоз, живое вещество, функции живого вещества, источник энергии.

В последнее время человечество начинает осознавать негативные последствия своего воздействия на биосферу. Созданные человеком технологии и техника стали сравнимы по мощи своего воздействия с силами природы. Необдуманное их применение может привести к опасным для жизни человечества изменениям всей биосферы в целом.

Ученые и передовые мыслители предупреждают человечество о возможности наступления глобального экологического кризиса. В связи с этим возникла необходимость решения беспрецедентной задачи для человечества – выживания человеческого рода [1].

О наступлении биосферного кризиса было объявлено в 1992 году во время «встречи на высшем уровне» в Рио-де-Жанейро. Люди никогда не думали о таких задачах. Масштабы необходимых мер и ограниченность ресурсов требуют, чтобы главные усилия были направлены на устранение основных причин глобального кризиса, а не на его частные проявления.

Однако, до сих пор деятельность в этом направлении (тематика научных исследований, экологическое образование и просвещение, и т.д.) построены либо на крайне ограниченной, локальной картине глобального экологического кризиса, либо на мифическом представлении о нем.

Образовательное и просветительское пространство, средства массовой информации, к сожалению, часто используют обвинение «в нарушении экологии» как козырь в политической

или в конкурентной борьбе. Сегодня экология представлена как амбициозные претензии человечества к органическим ресурсам, находящимся в круговороте экосреды.

Наиболее уязвимым является почвенный покров земли, как ключевая составляющая всех процессов, происходящих в биосфере.

Аграрный сектор, по сути, представляет собой процесс использования агроценозов в интересах человечества.

Агроценоз – вечный спутник человека. Он настолько же древний, настолько древнее человеческое общество. Тем не менее, эта весомая часть биосферы, увы, до сих пор не поддавалась серьезному изучению [2].

Между тем сейчас именно агроценозы занимают почти половину экolandшафтов, а по геологическому влиянию на биосферные процессы существенно превышают роль природных растительных совокупностей. Особенно это важно в связи с увеличением территорий, используемых человечеством для своих нужд.

Пашня и многолетние насаждения в составе сельскохозяйственных угодий планеты занимают около 1,3 млрд га (11% всей поверхности суши), сенокосы и пастбища – 3,7 млрд. га (23% поверхности суши).

Общая площадь пригодных для пахоты земель оценивается экспертами в различных источниках – от 2,3 до 3,2 млрд га (т.е. от 18 до 24% от общей поверхности суши). Украина относится к странам, где пашни занимают до 80-90% территории.

На этой территории человек воздействует на экосистемы, отторгая часть вещества и энергии в цикл обеспечения человека питанием, нарушая биотические круговороты, что неминуемо сказывается на состоянии окружающей среды.

Как правило, она становится неблагоприятной не только для биосферы, но и для жизни человека. Однако вторичные биогеоценозы, возникающие на месте коренных в результате антропогенного воздействия, не всегда ущербны с точки зрения поддержания функций биотического круговорота. По мнению А.М. Алпатьева [3], для человека главное, чтобы живое вещество, независимо от того, какими формами оно представлено (например, коренным лесом или вторичным лугом), выполняло свои разнообразные функции так, чтобы среда обитания в данном месте оставалась благоприятной. Кроме того, территория занятая человеком, должна производить органическое вещество по массе равной до её освоения человеком. Поэтому состояние освоенной человеком природы можно оценивать, исходя из принципа экологической эквивалентности.

Принцип экологической эквивалентности заключается в антропогенно-измененных экосистемах геохимические круговороты должны быть эквивалентны циклам биогенных элементов естественных экосистем и выполнять те же средообразующие функции. К сожалению, практическая и теоретическая трансформация принципа экологической эквивалентности на современную деятельность аграриев мало влияет.

Косвенно уровень адаптации агротехнологий к биосфере можно оценить путём использования понятий биотехнический коэффициент (БЭК) и антропогенно-энергетический коэффициент (АЭК). На английском языке такие исследования носят название "input-output analysis of energy use in agriculture"

$$БЭК = W_{\Pi} / W_A ; \quad АЭК = W_A / W_{\Pi}$$

где: W_{Π} – энергосодержание единицы продукции; МДж /кг, W_A – энергозатраты на производство единицы продукции; МДж /кг.

Среди значения этих коэффициентов для современных агротехнологий приведены в таблице 1 [4]. К сожалению, сегодня наблюдается тенденция уменьшения БЭК и увеличения АЭК. Так при производстве овощей и фруктов для получения одной единицы энергии в продовольствии необходимо затратить две единицы энергии антропогенного происхождения.

Гармонические отношения человеческого общества с природой возможны только лишь при условии, если люди будут действовать в ней по ее законам, понимая уникальную ценность жизни и ориентируясь на устойчивое раз-

витие биосферы. Пути адаптации агротехнологий к выполнению функций «живого вещества» и механизмов устойчивости биосферы вытекают из анализа функций «живого вещества» в естественной (геобиоценоз) и искусственной (агроценоз) среде. Прежде всего необходимо перестроить менталитет аграрной науки.

Сегодня наметились ряд приемов переориентации технологий на биосферное русло [5, 6]. Это такие приемы:

- совместные и совмещенные посевы [7.8];
- получение двух-трех урожаев в год (эти исследования должны идти в направлении перекрытия времени посева или посадки последующей культуры и уборки урожая текущей культуры);
- насыщение сидератных посевов биоразнообразием;
- организация мульчирования поверхности поля;
- максимально возможное возвращение биологического урожая в почву;
- биологизация земледелия – обогащение почвы системой микроорганизмов;
- мониторинг видов растений и проектирование структуры биоразнообразия для сидератных посевов;
- использование геоботанических свойств растений как средообразователей;
- мониторинг круговорота основных элементов в экологических нишах.

Одним из магистральных направлений повышения эффективности растениеводства является возврат к биоразнообразию взамен монокультур.

В 2012 году группа учёных (Ноорег и др.) провели исследование по методу мета-анализа по оценке влияния видового разнообразия на фундаментальные свойства любой экосистемы – производительности экосистемы и разложения органического вещества. Эти два процесса являются основой круговорота органических веществ в природе – продукция зеленых растений, которая является важнейшим показателем энергетической эффективности, связанным с производством экосистемой органического вещества, и обратный процесс – разложение органического вещества, в которой участвует остальные члены сообщества [9].

Результаты анализа результатов экспериментов приведены на рис. 1.

Как мера оценки были использованы логарифмы отношения величины продукции или деструкции при заданном числе видов (Y_S) до той же величины при максимально возможном числе видов в сообществе данного типа (Y_{max}): $\ln(Y_S/Y_{max})$. Положительные значения этого

показателя означают увеличение продукции или деструкции при снижении видового разнообразия, отрицательные – уменьшение. Для сравнения, чтобы оценить масштаб изменений, проис-

ходящих при уменьшении видового разнообразия сообществ, авторы приводят оценки воздействия на производственный процесс других глобальных факторов.

Таблица 1. Энергосодержание, энергозатраты и БЭК при производстве основных с.х. продуктов., МДж/кг [4]

	Сельскохозяйственный продукт	Энергозатраты, МДж/кг	Кэ, МДж/кг	БЭК	АЭК
				МДж/МДж	
1	Зерновые	3,52	11,36	3,23	0,30
2	Мягкая пшеница	2,71	11,74	4,33	0,231
3	Твердая пшеница	5,23	11,49	2,2	0,455
4	Рожь и тритикале	3,18	13,3	4,18	0,239
5	Ячмень	3,01	11,85	3,94	0,254
6	Овес	3,58	11,13	3,11	0,321
7	Кукуруза на зерно	5,89	11,11	1,89	0,529
8	Другие зерновые	2,63	12,1	4,59	0,218
9	Масленичные	5,8	15,12	2,61	0,383
10	Рапс	5,07	15,28	3,01	0,322
11	Подсолнечник	8,15	15,28	1,87	0,535
12	Другие полевые культуры	0,87	2,73	3,14	0,318
13	Бобовые (соя)	4,1	14	3,41	0,293
14	Картофель	1,62	2,74	1,69	0,592
15	Сахарная свекла	0,43	2,38	5,53	0,181
16	Овощи и фрукты	9,44	4,64	0,49	2,040
17	Томаты	8,2	0,81	0,1	1,080
18	Другие овощи	8,53	1,12	0,13	7,692
19	Яблоки и персиковые	1,3	1,7	1,31	0,763
20	Цитрусовые	4,22	1,18	0,28	3,571
21	Оливковые	2,62	36,81	2,92	0,346
22	Столовый виноград	5,26	2,85	0,54	1,852
23	Другие продукты	1,13	0,36	0,32	3,125
24	Мясо	37,78	7,18	0,19	5,263
25	Мясо говядины	65,87	5,75	0,09	11,111
26	Мясо свинины	35,86	8,43	0,24	4,167
27	Мясо птицы	24,83	5,65	0,23	4,848
28	Другие продукты животноводства	4,67	1,63	0,35	2,857
29	Молоко	4,91	2	0,41	2,439
30	Яйца		5,89	0,3	3,333

Для этого они использовали базы данных, содержащие результаты наблюдений и экспериментов по действию таких факторов, как изменение климата (в частности – засухи), увеличение концентрации углекислого газа, увеличение концентрации доступного для растений азота, фосфора и других биогенных элементов в воде и почве, увеличение кислотности среды и др. Данные включают результаты наблюдений и экспериментов в наземных, пресноводных и морских условиях.

По оси X – уменьшение числа видов (в процентах от исходного), по оси Y – изменение производительности (логарифм отношения продук-

ции при заданном числе видов в продукции при максимальном числе видов для данного сообщества). Жирная линия в нижней части графика – результаты расчетов, серый фон – доверительный интервал 95%. Тонкая линия в верхней части графика – отражение расчетной кривой в область положительных значений (оценка абсолютных изменений по модулю).

В правой части графика приведены оценки влияния на продукцию растениеводства различных глобальных факторов.

Сверху вниз: совместное влияние обогащения азотом и фосфором, совместное влияние обогащения азота и увеличение концентрации

CO², воздействие чужеродных видов, обогащение кальцием, обогащения азотом, увеличение концентрации CO², потепление климата, увеличение интенсивности ультрафиолетового излучения, увеличение кислотности, засухи. Синие точки – положительный эффект, красные точки – отрицательный. Мера для оценки эффекта – логарифм отношения производительности в эксперименте к контролю – $\ln(Y_{\text{expt}} / Y_{\text{control}})$

В оценках экспериментов было показано, что умеренное (на 21-40%) снижение видового разнообразия приводит к уменьшению первичной продукции растений на 5-10%.

Уменьшение видового разнообразия вдвое приводит к снижению первичной продукции экосистем в среднем на 13%.

Высшие уровни (уменьшение разнообразия на 41-60% от исходного) по воздействию на продукционный процесс можно сопоставить с результатами действия таких глобальных факторов, как повышение кислотности или увеличение концентрации углекислого газа. Установлено, что продукционный процесс существенно зависит от видового разнообразия – с уменьшением числа видов в экосистеме производительность снижается.

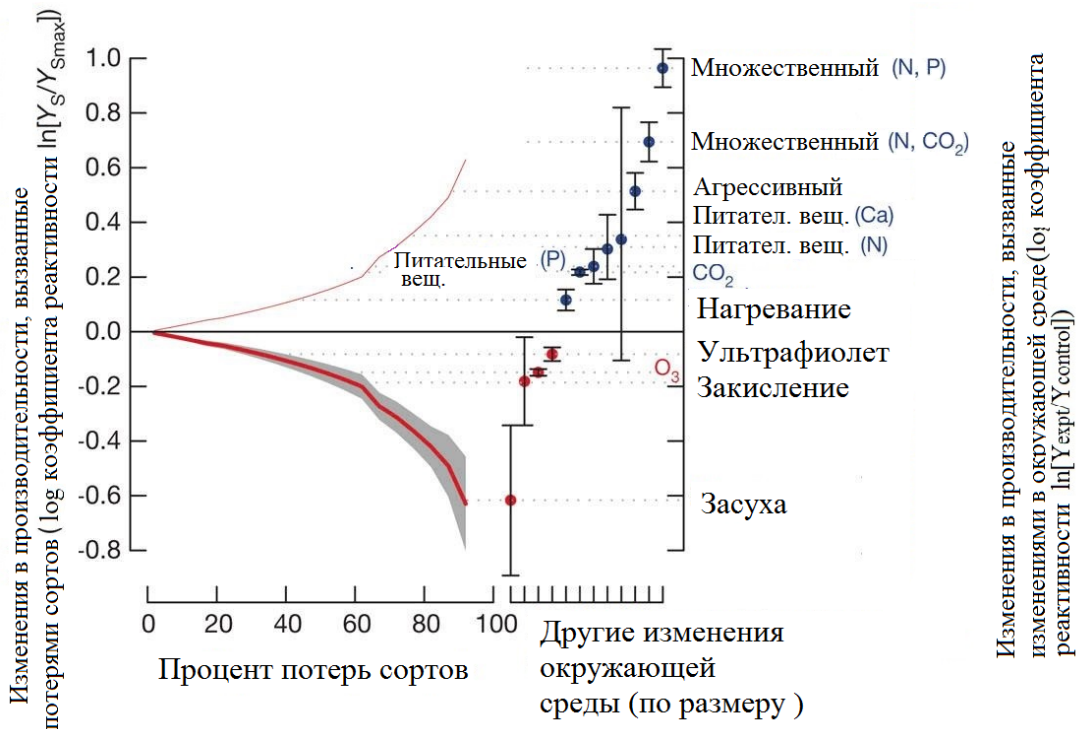


Рис. 1. Изменение первичной продукции в экосистемах при уменьшении числа видов растений [9]

Данные метаанализа накопленной человечеством информации убедительно показывают, что снижение производительности экосистемы за счет уменьшения биоразнообразия ведет к глобальным изменениям в биосфере – потеплению за счет увеличения содержания CO² в атмосфере, а также изменения химического состава атмосферы.

Установленное знание о роли биоразнообразия в производстве органического является фундаментальной основой будущих агротехнологий. Практически отказ от биоразнообразия в агроценозах это тупиковое направление для земледелия. Вот несколько основных недостатков монокультур в агротехнологиях:

- солнечная энергия используется только одним ярусом наземной массы растений;

- питательные вещества, биогенные элементы и вода также используется из одного яруса, в котором располагаются корни возделываемой культуры.
- корневая система монокультуры втягивает в кругооборот веществ органическое количество биогенных элементов.
- скудность биоразнообразия создаёт низкий уровень синергетической организации системы. Живое вещество в монокультуре менее устойчиво к изменениям окружающей среды.

Поликультуры лишены этих недостатков, причем от некоторых культур и не требуется получение продовольствия – они играют транспортирующую, энергетическую, концентрационную и особенно, средообразующую функции живого вещества.

Процессы самоорганизации таких систем гораздо более высокого уровня и системы более устойчива к внешним воздействиям.

Опыты посевов совместно нескольких культур на одном поле велись и ранее, но сегодня ведутся во многих странах мира.

Результаты однозначные. Совместные посевы сегодня дают большой выход энергии урожая, чем одновидовое.

Цели их не столько получение более высокого выхода продовольствия, сколько обеспечение почвообразовательного процесса, обеспечение функций средообразования.

Отметим следующие особенности многовидовых посевов:

- Получение высоких урожаев двух культур. Так посев кукурузы на зерно + картофеля дал высокий урожай, кукуруза на зерно – 60 ц/га, картофеля – 250 ц/га [10].
- Увеличение выхода энергии с гектара. Совмещенные посевы козятника + кукурузы на корм дала 544 ГДж, вместо 485 ГДж на контроле.
- На ряду с высоким урожаем основной культуры соответствующие культуры обеспечивают поступление питательных веществ в почву.

Так смеси пшеницы + сборная – овсяница луговая дало 35-42 ц пшеницы, 145-214 ц. зеленой массы, а запаханная биомасса обеспечила поступление в почву 67,5 кг азота; 30 кг фосфора; 188 кг калия и 45 кг кальция на 1 га. На следующий год кукуруза на зерно на этом поле обеспечила прибавку урожая 8-14 ц/га [11].

Двух и трех компонентные посевы (овес + подсолнечник + посев гороха) обеспечили:

- снижение равновесной плотности почвы на 0,015 г/см³;
- увеличение зеленой массы на 29,2 - 43,1 %;

- снижение водопотребления с 57,0 м³/т до 49,3 м³/т (на 15 %);
- увеличение качества урожая в злаково-гороховых посевах в 1,5 - 1,8 раза [12];
- увеличивается водопрочность агрегатов почвы [13];
- естественную защиту растений от вредителей и болезней [14].

Сложные ценозы по урожаю зеленой массы обеспечивают прибавку урожая 9 - 13 % но, следует отметить важную особенность – по сбору перевариваемого протеина они выше в 1,8 - 2,0 раза [15].

Накопление зеленой массы в биомассе в 1,6 - 1,7 раза по сравнению с одновидовыми посевами [16].

С увеличением компонентов в посевах имеется тенденция роста урожая. Урожай за 8 лет отдельных культур составляет до 10,6 т/га (житняк – 10,6, эспарцет – 3,40), совместный посев двух культур (житняк + донник) увеличил урожай до 13,26 и трехкомпонентный посев (житняк + эспарцет + донник) обеспечил урожай 14,83 т/га [17].

Посев многокомпонентных культур осуществляется по двум схемам:

- посев одновременно нескольких культур или подсев к основной культуре;
- посев культур несколькими рядами.

Первая схема называется в мировой практике как *mixing cropping*. Вторая схема носит название *Intercropping*.

С точки зрения механизации всех процессов возделывания представляет интерес система *Intercropping*. Но, при этом требуется определить эффективность количества рядов высеваемых культур. На рис. 2 приведены результаты повышения урожая в зависимости от количества рядков и количества культур [18].

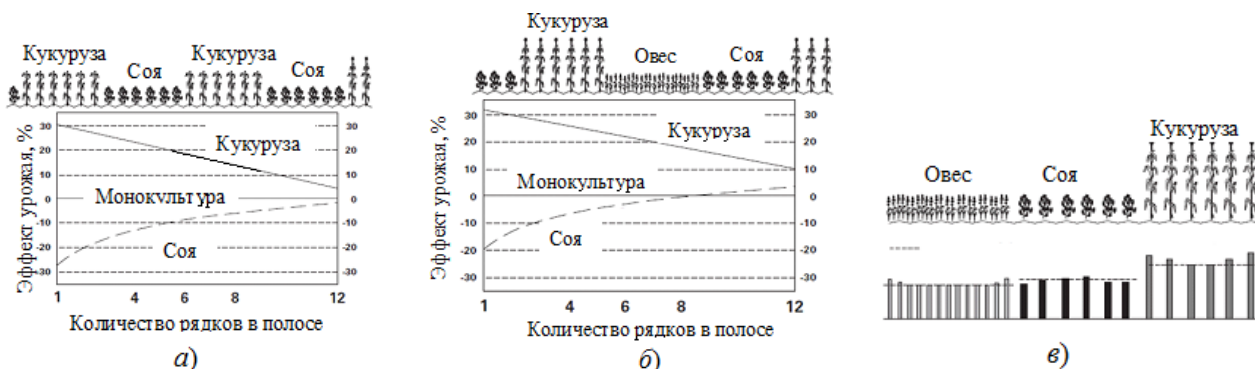


Рис. 2. Посевы полосами 2 – 3 культур: а) – влияние количества рядков в полосе в 2-компонентном посеве (кукуруза + соя) на урожай, б) – влияние количества рядков в полосе в 3-компонентном посеве (кукуруза + соя + овес) на урожай, в) – урожай каждой из 3 культур в зависимости от положения рядка в полосе

Представляет интерес факт, что с ростом количества компонентов монокультурных дух, трех и четырех компонентные посева, растет и урожайность каждой культуры. Но во всех экспериментах исследуются совместные посева культурных растений.

Однако есть и идеи использования не культурных растений (сорняков) в качестве расширения биоразнообразия на поле. Это, так называемая, рифейская технология. Девиз этой технологии – прекрасен союз с сорняками.

Сущность рифейской технологии заключается в резком ограничении полос обрабатываемой площади (50 см) в сочетании с широкими необрабатываемыми междурядьями (полосами) – 100 см, на которых произрастают сорняки и многие виды лекарственных растений. Травостой с междурядной полосы периодически скашивается [19].

На наш взгляд будущее агротехнологий будет связано конструированием смесей культур, обеспечивающих эффективное выполнение всех функций живого вещества в агроценозах. При этом придется пересматривать идеологию разделения растений на «культурные» и сорные (сорняки). Открывается широкий фронт фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, связанных с формированием эффективных агроценозов. Т.е. на окультуренных землях необходимо проведение агроприемов, обеспечивающих выполнение функций живого вещества, выполняемых ранее геобиоценозами на этой территории. Т.е. принцип «экологической эквивалентности» является основой развития будущих агротехнологий – технологий, адаптированных к биосфере.

Выводы: 1) существующие агротехнологии противостоят основным функциям живого вещества на планете, ведут к истощению ископаемых энергетических ресурсов планеты; 2) требуется проведение научно-исследовательской работы по адаптации агротехнологий, направленной на выполнение основных функций живого вещества на используемых человеком землях, обеспечения круговорота веществ и высокую эффективность усвоения растениями солнечной энергии.

Литература

1. Барцев С.И. Корни биосферного кризиса: технология и психология. Режим доступа: <http://modernproblems.org.ru/ecology/10-bartzev.html?showall=1>.

2. Агроценозы и их роль в биосферных процессах. Режим доступа: <http://agrokhimgrupp.ua/blog/zemledelie/464-agrocenozy-i-ih-rol-v-biosfernyh-processah.html>.

3. Алпатьев А.М. О принципиальных основах охраны природы Земли / А.М. Алпатьев // Вопросы охраны природы и рационального использования природных ресурсов. – Л., 1998.

4. Energy Use in Agriculture: A Modeling Approach to Evaluate Energy Reduction Policies. M. Kempen, T. Kraenzlein. Institute for Food and Resource Economics, University of Bonn Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART. P-15.

5. Биосфера и агротехнологии: противоречия, проблемы, закономерности их решения. Режим доступа: <http://Archive.Nbu.gov.ua/>

6. Вернадский В.И. Размышление натуралиста. Кн. 2 / В.И. Вернадский // Научная мысль, как планетное явление. М., 1977

7. Совмещенные посева. Режим доступа: <http://www.ya-fermer.ru/sovmeshchyonnye-posevy>.

8. Что с чем можно совмещать при уплотненных посевах в огороде. Режим доступа: <http://sadmvmeste.ru/ogorod/31-chto-s-chem-mozh-no-sovmeshhat-pri-uplotnennykh-posadkakh-na-ogorode.html>.

9. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change / David U. Hooper, E. Carol Adair, Bradley J. Cardinale, Jarrett E. K. Byrnes, Bruce A. Hungate, Kristin L. Matulich, Andrew Gonzalez, J. Emmett Duffy, Lars Gamfeldt, Mary I. O'Connor. // Nature. 2012. V. 486. P. 105–109. Doi:10.1038/nature11118

10. Биосферный уровень жизни. Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/e49d5e33-1caf-4faf-89d0-45e7e83716b8/86663/>

11. Совмещенные посева кукурузы на зерно и картофеля в условиях Волгоградского Заволжья. Тема диссертации и автореферата по ВАК 06.01.02, 06.01.09, кандидат сельскохозяйственных наук Таранов Игорь, Волгоград, 2003.

12. Использование смешанных и поукосных посевов как фитомелиорантов для повышения плодородия почвы и продуктивности орошаемых кормовых культур в Заволжье: Дис. ... канд. с.-х. наук Чепрасов И.В.: 06.01.02, 06.01.09: Саратов, 2004 150 с. РГБ ОД, 61:04-6/862.

13. Использование смешанных видов кольев управлять вредителями и заболеваниями. Биргитта Ramert. Департамент наук экологии и растениеводства, Шведский университет сельскохозяйственных наук. Box. 7043, SE750 07 Уппсала, Швеция.

14. Haynes R.J. Effects of mixed cropping farming systems on changes in soil properties on the Canterbury Plains / R.J. Haynes, G.S. Francis // MAF Technology, Canterbury Agriculture and Science Centre, P.O. Box 24, Lincoln, Canterbury, New Zealand.

15. Ashfaq M. Impact of climate change on wheat productivity in mixed cropping system of

Punjab [Text] / Muhammad Ashfaq, Farhad Zulfiqar, Irsa Sarwar, M. Abdul Quddus, Irfan Ahmad Baig // Soil and Environment. – 2011. – Vol. 30(2). – P. 110 – 114.

16. Материалы региональной конференции ФАО для Европы. Баку, Азербайджан, 19-20 апреля 2012 г. 7 повестки дня. Меры политики по обеспечению продовольственной безопасности в регионе: проблемы и перспективы – продовольственный прогноз до 2050 г.

17. Структура посевных площадей, эффективность земледелия и восстановления кормовой базы животноводства области / А.М. Беляков, д. с.-х. н., директор ГНУ НВ НИИСХ, В.И. Буянкин, к. с.-х. н. зав. лаборатории инновационных технологий.

18. Malezieux E. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review

[Text] / E. Malezieux, Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet, M. Valantin-Morison // Agronomy for Sustainable Development. – 2009. – Vol. 29, Is. 1. – P. 43 – 62.

19. Рифейские технологии – «Прекрасен союз с сорняками!» Режим доступа: http://forum.anastasia.ru/topic_29824.html.

20. Азотфиксирующая активность и продуктивность совместных посевов вики с овсом при разных уровнях азотного питания: 06.01.09 Малахова Елена Ивановна. Азотфиксирующая активность и продуктивность совместных посевов вики с овсом при разных уровнях азотного питания (в условиях Нечерноземной зоны): дис. канд. с.-х. наук: 06.01.09 Москва, 2007 137 с. РГБ ОД, 61:07-6/255.

Анотація

Биосферні основи підвищення продуктивності землеробства

А.С. Кушнарьов, М.П. Артёмов

Для отримання високого врожаю культурних рослин сьогодні інтенсивно використовуються не повнолювані джерела енергії, які сприяють виконанню функцій живої речовини в геобіоценозах і агроценозах. Розглянуто альтернативні шляхи, що забезпечують раціональне функціонування живої речовини і роль біорізноманіття в агроценозах.

Ключові слова: *біосфера, геобіоценоз, агроценоз, жива речовина, функції живої речовини.*

Abstract

Biosphere basis for improving agriculture productivity

A.S. Kushnarev, N.P. Artemov

The most vulnerable is the soil cover of the earth, as a core component of all processes in the biosphere. The agricultural sector, in fact, is the process of using agrocenoses the benefit of humanity. Meanwhile, it is now agrocenosis occupy almost half of ecological landscapes and geological influence on the biosphere processes significantly exceed the role of natural plant populations. This is especially important due to the increase in areas used by mankind for their needs. In this area, people impacts on ecosystems, rejecting part of matter and energy in the cycle ensuring human power, disrupting biotic turnover, which will inevitably impact on the environment. As a rule, it becomes unfavorable, not only for the biosphere, but also to human life. However, secondary biogeocoenoses arising in place of indigenous human impact is not always flawed. Indirectly, the level of adaptation of agricultural technologies to the biosphere can be estimated by using the concepts of biotechnical coefficient (BEC) and antropogen-energy ratio (AER). In English, such studies are called "input-output analysis of energy use in agriculture"

In our opinion, the future of agricultural technologies will involve the construction of mixtures of cultures to ensure the effective implementation of all the functions of living matter in agrocenoses. Thus it is necessary to revise the ideology of separation plants on "cultural" and weeds.

Keywords: *biosphere, biocenosis, agrocenosis, living matter, the functions of living matter.*

Представлено: В.И. Мельник / Presented by: V.I. Mel'nik

Рецензент: В.М. Тимчук / Reviewer: V.M. Tymchuk

Подано до редакції / Received: 25.04.2015