

## **ПОЛИКУЛЬТУРА И ЕЕ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ АГРОЭКОСИСТЕМ**

***В.Н. ПРОХОРОВ***

*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Агроэкосистемы – это наиболее интенсивно используемые человечеством экосистемы, которые расположены на самых продуктивных почвах и составляют около 30% земной поверхности. В Европе агроэкосистемы занимают более 50% всей территории, а в Центральной Европе их доля еще выше [1]. В отличие от естественных экосистем агроэкосистемами в значительной мере управляет человек, затрачивая на это дополнительную энергию. В то же время, сельское хозяйство, как никакая другая отрасль экономики, связано с динамическими процессами естественной окружающей среды. И здесь может несколько раньше оценки общей ситуации в биосфере, характеризующейся наступлением экологического кризиса, стало очевидным, что решить проблему продовольственной безопасности, используя прежние методы управления искусственными биологическими системами, невозможно. На фоне все возрастающих вложений в агроэкосистемы в различных регионах, наряду с увеличением нестабильности в урожайности культур, наблюдается тенденция снижения темпов роста и продуктивности агроценозов в целом [2, с.7].

Существуют различные точки зрения относительно основных причин этого явления. Полагают, что это связано с достижением максимального потенциала современных сортов [3], и что данный порог продуктивности можно преодолеть только благодаря использованию методов генной инженерии. Однако большинство исследователей сходятся во мнении, что главная причина экологического кризиса связана в первую очередь с широким применением «маложизнеспособных» методов ведения земледелия, и особенно монокультуры [2, с.8; 4, с.172]. Так, при 10-кратном увеличении объемов применяемых пестицидов, потери урожаев сельскохозяйственных культур от вредителей увеличились в 2 раза [5, с.285]. Подобная картина наблюдается и с минеральными удобрениями. С увеличением доз вносимых туков происходит снижение их эффективности. Отсутствие ротации, слабая насыщенность многолетними, особенно бобовыми травами, низкое разнообразие культур привело к значительному ослаблению механизмов саморегулирования в агроценозах, что превращает монокультуры в очень уязвимые, почти полностью зависящие от возрастающих вложений невозобновляемых ресурсов агроэкосистемы [6].

Это обусловило необходимость разработки новой стратегии ведения земледелия под общим названием «устойчивое сельское хозяйство», основная задача которого состоит в восстановлении и поддержании на высоком уровне биоразнообразия агроэкосистем. С понятием «устойчивое сельское хозяйство» тесно связано понятие экологического императива, то есть совокупности условий, выполнение которых обязательно для всех людей, живущих на планете, когда деятельность человечества вписывается в естественный круговорот веществ. Для сельского хозяйства – это система запретов на все формы природопользования, при которых происходит разрушение возобновляемых ресурсов (почв, лесов, воды, естественных кормовых угодий), снижение биологического разнообразия естественных экосистем и агроэкосистем, а также ухудшение качества экологической среды (загрязнение атмосферы, воды, почвы и продуктов питания человека) [7, с.333]. При следовании экологического императива агроэкосистема приобретает свойство сестайнинга, под которым понимается такое устойчивое состояние агроэкосистемы, когда сохраняются ресурсы почв и естественных кормовых угодий, биологическое разнообразие, гидрологические и гидрохимические характеристики ландшафта и при этом обеспечивается достаточно высокий выход сельскохозяйственной продукции. Средствами достижения сестайнинга являются энергосбережение, адаптивный подход, экологическая оптимизация структуры агроэкосистемы, использование севооборотов со сбалансированным соотношением почвозащитающих и почвовосстанавливающих культур, внесение органических удобрений, агролесомелиорация, формирование симбиотических связей [8, с.18].

Развитие концепции устойчивого сельского хозяйства способствовало формированию адаптивного подхода в земледелии. Адаптивный подход, который получил распространение в странах СНГ благодаря работам А.Жученко, в широком плане представляет собой приспособление агроэкосистем и входящих в их состав компонентов к конкретным условиям среды с целью уменьшения удельной доли антропогенной энергии в их энергетическом балансе. В этой связи адаптивная стратегия развития сельского хозяйства рассматривается в качестве важнейшего условия выживания и устойчивого развития всей цивилизации, зависящей в первую очередь от обеспечения населения пищей и сохранения экологического равновесия в биосфере [1]. Одним из ведущих звеньев в стратегии развития устойчивого сельского хозяйства является широкое применение многовидовых агрофитоценозов – поликультур, которые обладают целым спектром преимуществ в сравнении с монокультурами. Среди основных преимуществ можно выделить следующие: поликультуры являются более производительными, для них характерно увеличение выхода продукции на единицу площади, особенно при низком уровне вложения затрат. Обычно 60-80% земли под смешанными посевами дают тоже количество продукции, что и 100% под монопосевом; более эффективное использование водных и питательных ресурсов почвы; защита почвы от иссушения и эрозии, создание улучшенного микроклимата в посевах; более эффективное использование фотосинтетически активной радиации, покрытие растениями почвы происходит в течение всего вегетационного периода или в течение более длительного периода, чем в монокультуре; большая устойчивость к вредителям, болезням и сорнякам, профилактическая защита растений через разнообразие видов и сортов; возможность снижения дозы внесения минеральных удобрений и пестицидов; лучшее использование местных ресурсов; повышение экономической стабильности и более выровненное распределение трудовых ресурсов; снижение риска потерь урожая и более равномерное распределение продуктивности по годам, снижение продуктивности одного компонента, обычно компенсируется повышением продуктивности другого; более сбалансированная, особенно по белку хозяйственно-ценная продукция.

В этой связи в последние десятилетия исследованиям, посвященным изучению формирования высокопродуктивных многовидовых агрофитоценозов и их внедрению в практику, уделяется большое внимание. Отмечается, что в настоящее время возделыванием поликультур, вероятно, занимаются на более чем 50% площадей всех сельскохозяйственных земель, а их использование дает по различным оценкам около 20% от всей получаемой в мире растительной продукции [9, с.20]. Количество культур, возделываемых в смесях, сильно варьирует и зависит от многих факторов. Среди них: степень экономического развития региона, устойчивость местных традиций, особенности климатических условий и др.

Широко распространены смешанные посева в Юго-Восточной Азии, особенно в Индии. В настоящее время в Индии в смешанных посевах возделываются около 85 культур.

В Китае в последние десятилетия при активной поддержке государства и пропаганде в различных СМИ под смешанными посевами уже занята третья часть всех посевных площадей, а в структуре общего валового урожая страны доля смесей составляет около 50% [10, с.307]. Несомненно, эти факты, характеризующие политику страны с более чем миллиардным населением в решении продовольственной безопасности, должны заслуживать самого пристального внимания во всем мире. Наибольшее распространение в Китае получили смеси, основанные на комбинациях кукурузы, пшеницы, сои, бобов, арахиса с другими культурами и между собой. В северном Китае (провинция Hebei), где широко возделываются смеси пшеницы с кукурузой, продуктивность смесей в сравнении с монокультурой возросла на 10%, при этом количество воды для орошения уменьшилось на 30%, удобрений на 20%. В результате доход увеличился на 30% [10, с.310].

Следует отметить широкое возделывание смесей различных культур и в высокоразвитых индустриальных странах Западной Европы, США и Японии, интерес к которым в этих регионах мира значительно возрос в последние годы. В настоящее время существует большое количество примеров широкого распространения смешанных посевов в современных индустриальных странах: озимая пшеница – соя или бобы; бобы - кукуруза, полосное возделывание кукурузы и сои, сорго и сои; двойное и тройное возделывание зерновых культур с овощами и т.д. В США смешанные посева кукурузы с соей начали культивироваться почти одновременно с интродукцией сои из Китая в начале 1900 годов, а уже в 1923 году 60% сои, возделываемой в штатах Огайо и Иллинойс, высевалась в посевах совместно с кукурузой [11, с.15]. В штате Пенсильвания в смешанных посевах кукурузы, сои и фасоли многоцветковой урожайность в сравнении с чистыми посевами кукурузы

возросла в среднем на 26%. Урожайность райграса в смеси с сераделлой повышалась на 88%, в смеси с клевером - на 120%, а в смеси с горохом - на 222%. В штате Южная Дакота смесь овса, ячменя и пшеницы, используемая на силос, урожайнее на 25%, чем овес в чистых посевах. В штате Миннесота продуктивность кукурузы на силос в смешанных посевах с соей составляет 120% от урожая в монокультуре [12, с.1], а в штате Айова совместные посевы хлопчатника и люцерны позволяют снизить дозу внесения гербицидов на 30%. В некоторых провинциях Канады, в частности в Онтарио, в 1977 году смеси овса с ячменем, из-за их меньшей поражаемости болезнями возделывались на 31% площадей [13, с.253].

В Дании смешанные культуры рассматривают в качестве основных факторов по решению проблемы дефицита растительного белка и сбалансированности кормов [14, с.32]. В связи с этим ведутся широкие научные исследования и внедрение в производство смесей ячменя и гороха, пшеницы и бобов [15, с.187]. В Италии широко возделывают кормовые бобы с овсом или ячмень с пелюшкой. С.А. Francis [16, с.8] отмечает значительное повышение интереса к смешанной культуре в регионах с умеренным климатом в связи с необходимостью уменьшения доз азота и снижения эрозии почвы. Большой популярностью пользуются смешанные посевы в Польше, Сербии, в Прибалтике. В Закавказье, в Украине, в Молдове издавна практикуют посевы фасоли с кукурузой, фасоли с картофелем. В России широко распространены смеси гороха, вики с овсом и другими зерновыми культурами; в северной и восточной областях эффективны смеси пелюшки с ячменем, на песчаных почвах западных областей – люпина с сераделлой. В условиях Костромской области горохо-ячменные и горохо-пшеничные смеси при 50%-ном соотношении компонентов по урожаю семян близки или превосходят урожай этих культур при посеве в чистом виде и повышают сбор протеина с гектара на 20-40% [17]. Во многих районах СНГ распространены посевы зернобобовых с силосными культурами (кукуруза, подсолнечник). По урожайности зеленой массы такие смеси не уступают кукурузе, а в прохладное и дождливое лето значительно превосходят ее. В последнее время все большее распространение в странах СНГ получает смесь многолетних трав галеги восточной с кострцом безостым, которая рекомендуется для выращивания на выводных полях, залужения прифермских участков, эрозийно опасных склонах [18].

Исследования поликультур, состоящих из различных видов и сортов однолетних и многолетних культур [19-23] показали, что продуктивность смешанных агрофитоценозов, состоящих из комплементарных пар культур–компонентов, в основном превышает продуктивность наиболее урожайного компонента смеси в монокультуре. На основе этих исследований установлено, что основными механизмами, приводящими к сверхурожайности являются:

- дифференциация экологических ниш компонентов смеси в пространстве, когда основная масса листьев одного вида расположена в верхнем ярусе, другого – в нижнем (например, поликультура кукуруза – бобы – тыква) или их корневые системы занимают разные слои почвы (например, люпин – ячмень); высев отдельными рядами или полосами. Пространственная комплементарность часто является главным преимуществом смешанных культур в полусухих областях в районах с коротким сельскохозяйственным сезоном;

- способность добывать необходимые ресурсы разными способами: классический пример – симбиотрофный способ питания азотом (бобовые); способность поглощать фосфор из труднодоступных форм (люпин, крестоцветные) и т.д.;

- существенные различия в потребностях по отдельным элементам минерального питания;

- разделение экологических ниш во времени (компоненты с разными темпами роста и развития, ритмами поглощения питательных веществ и т.д.), например, в смеси кукурузы и риса, выращиваемой на Филиппинах, кукуруза развивается быстрее, чем рис;

- использование физиолого-биохимических механизмов (виды с различной интенсивностью радиации приспособления, аллелопатические эффекты и др.);

- уменьшение развития болезней и вредителей (например, в смесях моркови с луком, так как лук маскирует запах корнеплодов, снижается повреждение морковной мухой; при возделывании ячменя в сортосмесях значительно ниже, чем в чистых посевах поражение растений ринхоспориозом, гельминтоспориозом; в Бразилии каучуковое дерево возделывается только в смесях с другими видами из-за его сильного поражения в монокультуре; на Филиппинах фасоль золотистая, выращенная в смеси с кукурузой, меньше повреждается при хранении; в Китае возделывание смеси неустойчивых и устойчивых к болезни, вызываемой грибным патогеном *Magnaporthe grisea*, сор-

тов риса, уменьшает поражение посевов на 94%, приводя к увеличению продуктивности на 5-8 ц/га в сравнении с монокультурой риса.

– механическая поддержка, когда более устойчивая к полеганию культура служит опорой для второй, со слабым, как правило, вьющимся стеблем. Лучшее вертикальное распределение листьев может повысить эффективность фотосинтетической деятельности листовой поверхности вьющихся растений. Неполегающие хлебные злаки обычно поддерживают подверженные полеганию виды, если они вместе растут в смешанном посеве, но в зависимости от пропорций компонентов, полегающие виды иногда могут лишиться устойчивости и неполегающие. Так, например, при возделывании озимой вики в смеси с озимыми злаками (рожь, пшеница) при насыщении смеси бобовым компонентом вероятность полегания, особенно во влажные годы резко возрастает, приводя к снижению общей продуктивности посева. Устойчивость к полеганию смешанных посевов в местностях с обильными осадками выше, чем у чистых посевов. В отдельные годы, благодаря лучшей устойчивости к полеганию и большей экологической пластичности, урожаи смесей оказывались более стабильными;

– более эффективное использование любого ресурса в смесях приводит к формированию более высоких уровней продуктивности. Так, накопление сухого вещества и общее потребление азота пшеницей и кукурузой в смешанных посевах соответственно с нутом и вигной значительно выше, чем в чистых посевах. В США исследования со смесями подсолнечника и горчицы показали, что основным механизмом, приводящим к «сверхурожайности» является более эффективное использование компонентами азота и воды. Многоярусные смешанные сообщества, традиционно произрастающие в оазисах в пустыне (например, финиковая пальма – абрикос – овощи) могут эффективнее использовать воду для накопления биомассы, чем их монокультуры, обуславливая получение сверхурожайности;

– адаптация к изменяющимся условиям окружающей среды, например быстрая реакция фотосинтезирующих органов на изменение прихода ФАР, создание благоприятного микроклимата. Исследования, проведенные со смесями кукурузы с бобами в Кении, показали, что при их совместном произрастании наблюдается снижение температуры поверхности листьев и воздуха на 2-6°C, увеличение влажности воздуха на 8%, снижение скорости ветра на 55-63%. В смесях сорго с арахисом отмечено снижение температуры почвы;

– физическая защита. Более высокие, устойчивые компоненты могут быть защитой более хрупким. В Южной Австралии цитрусовые сажают вместе с абрикосами, которые защищают их от ветра; на Тайване овощи, посаженные чередующимися рядами с рисом, им же и защищаются. В смешанных посевах хлебных злаков морозоустойчивые сорта могут защищать более чувствительные к холоду.

– более низкая межвидовая конкуренция, чем внутривидовая.

## ВЫВОДЫ

Широкое внедрение поликультур в производство будет способствовать повышению эффективности использования и поддержания биоразнообразия агроэкосистем. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества возделывания смешанных культур по сравнению с монокультурами, площади, занимаемые ими в настоящее время в Республике Беларусь, не значительны. Это обусловлено в первую очередь отсутствием специальных посевных машин, позволяющих создавать многовидовые агрофитоценозы, с различной степенью насыщения, пространственным размещением и глубиной заделки семян культур–компонентов. В этой связи необходимы разработка и внедрение в производство специальных посевных машин для создания смешанных посевов. Наличие специальных посевных машин, кроме решения практических задач, позволит развернуть фундаментальные исследования по проблемам экологизации сельскохозяйственного производства, таких как оптимизация структуры агрофитоценозов путем перехода от монокультур к поликультурам; развитие биологических способов регуляции обилия сорных видов; проектирование многолетних насаждений, функционирующих по типу сукцессий; развитие методов стимуляции биологической активности почв и поддержания почвенного плодородия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / А.А. Жученко. – Пушино: ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.
2. Hewitt, T.I. Intensive agriculture and environmental quality: examining the newest agricultural myth / T.I. Hewitt, K.R. Smith // Wallace Institute for Alternative Agriculture. – Washington, 1995. – 12 p.
3. Tribe, D. Feeding and greening the world: The role of international agricultural research / D. Tribe. – Wallingford. England: CAB International, 1994. – 288 p.
4. Altieri, M.A. Agroecology the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management / M.A. Altieri, P.M. Rosset // International Journal of Environmental Studies. – 1995. – Vol. 50. – P. 165–185.
5. Botrell, D.G. Integrated pest management / D.G. Botrell, R.F. Smith // Environmental Science and Technology. – 1982. – Vol. 16, Nr. 5. – P. 282–288.
6. Altieri, M.A. Agroecology: The science of sustainable agriculture / M.A. Altieri. – Westview Press, Boulder, CO., 1995. – 433 p.
7. Миркин, Б.М. Популярный экологический словарь / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. Под ред. А.М. Гилярова. – М.: «Тайдекс Ко», 2003. – 382 с.
8. Миркин, Б.М. Сестайнинг агроэкосистем: история, концепция, конструктивный подход / Б.М. Миркин, Ф.Х. Хазиев, Р.М. Хазиахметов. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1992. – 36 с.
9. Altieri, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems / M.A. Altieri // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 1999. – Vol. 74. – P. 19–31.
10. Zhang, F. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhances crop productivity and nutrient-use efficiency / F. Zhang, L. Li // Plant and Soil. – 2003. – Vol. 248. – P. 305–312.
11. Kass, D.C.L. Polyculture cropping systems: review and analysis / D.C.L. Kass // Cornell international agriculture bulletin. – 1978. – Nr. 32. – P. 1–69.
12. Innis, D.Q. Grow more on less land / D.Q. Innis // The new farm. – 1984. – Nr. 1. – P. 1–3.
13. Wolfe, M.S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance / M.S. Wolfe // Ann. Rev. Phytopathol. 1985, Vol.23. – P.251-273.
14. Salcini, M.C. Organic grain intercropping in Denmark / M.C. Salcini, L. Holdensen, S.K. Lowman, P. Ruskys. – 2002. – 98 p.
15. Hauggaard-Nielsen, H. Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability / H. Hauggaard-Nielsen, E.S. Jensen // Field Crops Research. – 2001. – Vol. 72, Nr. 3. – P. 185–196.
16. Francis C.A. Distribution and importance of multiple cropping / C.A. Francis // In Multiple Cropping Systems C.A. Francis (ed.). – MacMillan: New York, 1986. – P. 1–20.
17. Антоний, А.К. Зернобобовые культуры на корм и семена / А.К. Антоний, А.П. Пылов. – Л.: Колос, 1980. – 221 с.
18. Ламан, Н.А. Рекомендации по возделыванию галеги восточной на корм и семена / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров, И.М. Морозова. – Минск: Право и экономика, 2004. – 43 с.
19. Trenbath, B.R. Resource use by intercropping / B.R. Trenbath // Multiple cropping systems (ed. C.A. Francis). – Macmillan publishing company: New York, 1986. – P. 57–81.
20. Willey R.W. Intercropping - its importance and research needs. I. Competition and yield advantages / R.W. Willey // Field Crop Abstracts. – 1979. – Vol. 32, Nr. 1. – P. 1–10.
21. О теоретических основах современного экологически безопасного сельского хозяйства / Н.А. Ламан, [и др.] // Проблемы экспериментальной ботаники: к 100-летию со дня рождения В.Ф. Купревича. – Минск: Беларуская навука, 1997. – С.131-141.
22. Прохоров, В.Н. Поликультура в растениеводстве: современное состояние, перспективы исследований и практического использования / В.Н. Прохоров // Ботаника (исследования). – Минск: Право и экономика, 2005. – Вып. XXXIII. – С. 314–325.
23. Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов (поликультура в растениеводстве) / В.Н. Прохоров [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2005. – 370 с.

## POLY CULTURE AND ITS ROLE IN INCREASE OF EFFICIENCY OF USE AND MAINTENANCE OF A BIODIVERSITY AGROECOSYSTEMS

*V.N. PROKHOROV*

### *Summary*

It has been shown, that the polyculture is an effective way of increasing the efficiency of biological systems at simultaneous reduction of non-renewable resource of energy.

*Поступила в редакцию 20 мая 2009 г.*