

УДК 630.181.3(47-12+510)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ В АРИДНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ И КИТАЯ

М.К. Сапанов¹, М.Л. Сиземская¹, А.В. Колесников¹,
Цзюйин Цзяо², Циньсяо У², Гобинь Лю²

¹ *Институт лесоведения РАН*

Россия, 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, Советская, 21

E-mail: sizem@mail.ru

² *Институт охраны почв и вод Китайской академии наук
и Министерства водных ресурсов Китая*

Китай, 712100, Янлинь, Шаанси

Поступила в редакцию 26.12.09 г.

Экологические особенности лесовыращивания в аридных регионах России и Китая. – Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Колесников А.В., Цзяо Цзюйин, У Циньсяо, Лю Гобинь. – Сравняются условия лесовыращивания на юге Русской равнины в пределах Юго-Востока европейской части России и Лессового плато в Китае. Выявлены общие закономерности и различия в функционировании искусственных лесных экосистем в этих условиях и намечены пути устойчивого лесоразведения. Показано, что для создания долговечных лесонасаждений необходимо дополнительное увлажнение за счет перераспределения атмосферных осадков, при этом в Китае поддается регулированию ливневый сток, в России – снегораспределение и сток талых вод.

Ключевые слова: лесовыращивание, аридные регионы, недостаток увлажнения.

Ecological features of forest growing in arid regions of Russia and China. – Sapanov M.K., Sizemskaya M.L., Kolesnikov A.V., Jiao Juying, Wu Qinxiao, and Liu Guobin. – The conditions of forest growing in the south of the Russian Plain within the Southeastern European Russia and the Loess Plateau in China are compared. Common regularities and distinctions in the functioning of artificial wood ecosystems in these conditions have been revealed and ways of steady forest cultivation are planned. Additional humidifying due to redistribution of atmospheric precipitation is shown to be necessary for creation of durable forest plantings, the storm drain and snow & runoff redistribution being controllable in China and Russia, respectively.

Key words: forest growing, arid regions, humidity deficit.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях усиливающегося климатического и антропогенного опустынивания особо важное значение приобретает поиск путей борьбы с деградацией земель, сохранения естественных ландшафтов, восстановления нарушенных и создания антропогенно улучшенных сельскохозяйственных территорий. Как в России, так и в Китае проблемы борьбы с эрозией почв и поиск различных способов восстановления деградированных земель, в том числе методами лесомелиорации, чрезвычайно актуальны. В Китае в последние десятилетия делаются ширококомасштабные попытки восстановления древесной и кустарниковой растительности с целью уменьшения эрозии и влияния пыльных бурь с северных пустынных районов на

центральные регионы страны. «Зелёная Китайская Стена» (The Three-North Shelterbelt Development Program) – крупнейший проект по озеленению, призванный предотвратить расширение пустынь на территории Китайской Народной Республики, может быть весьма полезным для российской стороны, хотя в России опыт защитного лесоразведения имеет вековую историю.

Основной всплеск лесокультурных работ в России относится к середине XX в., когда Советом Министров СССР было принято Постановление от 24 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Этот проект вошел в историю как «Сталинский план преобразования природы», так как по нему предполагалось прикрыть и защитить лесными насаждениями южные регионы России от суховеев и пыльных бурь, якобы зарождавшихся в Средней и Центральной Азии, повысить продуктивность сельскохозяйственных земель, закрепить подвижные пески. По этому плану предусматривалось создание систем крупных государственных защитных лесных полос по берегам и водоразделам рек; выращивание полезащитных, противозерозионных лесополос; укрепление и облесение песков. За период 1949 – 1965 гг. предписывалось создание защитных лесных насаждений на площади 5.7 млн га, всего же было посажено более 2 млн га. Значительная часть этих насаждений в том или ином состоянии сохранилась до настоящего времени и представляет собой прекрасный полигон для научных исследований. Один из объектов – Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН, созданный в 1950 г. на Прикаспийской низменности в сложных условиях глинистой полупустыни с комплексным растительным и почвенным покровом, где более 50% площади занимают солончаковые солонцы. Стационар представляет собой рукотворный лесной оазис, где на его объектах в течение 60 лет ведутся комплексные биогеоэкологические исследования (Биогеоэкологические основы..., 1974; Вомперский и др., 2006; Сиземская, Сапанов, 2006). Использование этого опыта может помочь избежать многих ошибок при широкомасштабном лесоразведении.

Объединение усилий российских и китайских экологов и лесоводов для поиска современных оптимальных путей решения проблемы устойчивого природопользования в целях борьбы с опустыниванием как никогда актуально. И здесь немаловажная роль отводится созданию устойчивых защитных насаждений.

В работе рассматриваются возможности и механизмы выживания искусственных лесных систем в аридных и семиаридных регионах России и Китая. При этом необходимо было учесть ряд экологических трудностей, неизбежно возникающих в любых искусственных экосистемах. Это упрощенные схемы и способы посадки, медленный рост и развитие деревьев, их слабый возобновительный потенциал, низкая экологическая эффективность в полусухих условиях среды. К настоящему времени разработаны варианты создания долговечных, саморегулирующихся, природоподобных искусственных лесных насаждений и адаптивных агролесомелиоративных систем в этих регионах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучали естественные экосистемы и искусственные лесные насаждения в регионах Юго-Востока европейской территории России и Лессового плато Китая.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Лессовое плато в Китае и большая часть юга Русской равнины представляют собой холмисто-увалистую равнину, однако существенно различаются между собой по условиям среды: как по геоморфологии, так и по расположению в разных климатических зонах.

Лессовое плато располагается в средней части бассейна р. Хуанхэ и занимает площадь более 628000 км², ограниченную горами Qilian и Taihang на западе и востоке, с севера на юг простирающуюся от Великой Китайской стены до гор Qiling. Геоморфологически плато представляет собой холмисто-увалистые равнины с перепадом высот до сотен метров, сложенные лессами мощностью 100 – 250 м. Накопление лессовых отложений, которые главным образом переносились ветром, происходило в четвертичный период в течение приблизительно 3 млн лет. Высота над уровнем моря составляет на западе и северо-западе около 2000 м, уменьшаясь к юго-востоку до 300 – 400 м. Структура землепользования на этой территории включает: 28.9% земель, используемых под сельское хозяйство, 16.6% – покрытых лесными участками, 30.5% – степными травянистыми экосистемами; непродуктивные земли составляют 24.0%.

Распределение дождей во времени и пространстве очень неравномерно – от 200 мм/год на северо-западе до 700 мм/год на юго-востоке. При этом испаряемость колеблется от 900 до 1500 мм/год, т.е. намного превышает количество осадков. Осадки выпадают преимущественно в виде ливней в период с июня по сентябрь. Ливневые дожди короткой продолжительности и высокой интенсивности (до 1 – 3 мм/мин.) приводят к сильной эрозии. Более 80% ежегодного количества эродируемой почвы может быть смыто во время нескольких ливней.

Геоморфологическому облику засушливых регионов юга Русской равнины также свойственна холмистость, например, Ергенинская и Приволжская возвышенности, Хвальынские сырты. Они сложены лессовидными суглинками тяжелого и легкого гранулометрического состава. Здесь перепады высот менее значительные (максимально – десятки метров), чем на Лессовом плато Китая. Прикаспийская низменность отличается еще большей равнинностью с перепадами высот до нескольких метров. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 250 – 550 мм при испаряемости 800 – 1000 мм. Основным механизмом перераспределения воды на местности являются метелевый снегоперенос в холодный период года и поверхностный сток весенних талых вод.

Исследования проведены общепринятыми в почвоведении, геоботанике, экологии, лесоведении методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим современное состояние, особенности, цели и подходы к лесоразведению в России и Китае.

В аридных регионах России защитное лесоразведение переживает нелегкие времена, это видно по стабильному уменьшению лесопосадочных работ (Основные показатели..., 2002), что связано с современной реформой государства и необходимостью нового подхода к лесомелиорации как действенному инструменту улучшения природопользования (Павловский, 2005).

Основная цель защитного лесоразведения заключается в мелиорации земель сельскохозяйственного использования путем создания полезащитных, пастбище-защитных, противозерозионных систем (Сапанов и др., 2005). Как правило, большая часть этих земель нелесопригодна из-за наличия лимитирующих факторов среды (обычно – влаги), поэтому здесь затруднительно выращивание долговечных насаждений. Особенно это актуально для аридных регионов. Например, на землях лесного фонда Волгоградской области и Калмыкии (всего 756700 га) в 1992 – 2001 гг. было создано 37500 га лесных культур, а погибло 16200 га. Защитных насаждений за этот же 10-летний период было создано в три раза больше – 107900 га (Основные показатели..., 2002). По нашим экспертным оценкам, эти насаждения еще более недолговечны (Сапанов, 2008). Иными словами, в аридных регионах России преобладает ротация, а не наращивание покрытых лесом площадей, тогда как в соответствии с Федеральным законом «О мелиорации земель», реализуемом в рамках Федеральной целевой программы «Повышение плодородия почв России», площадь лесонасаждений должна быть увеличена в разы (Российская лесная газета, 2006). Для успешного выполнения столь масштабных работ, по-видимому, необходимо использование только долговечных лесных культур, т.е. таких, которые после смыкания крон в процессе саморазвития могли бы сохраняться в течение длительного времени, а в идеале были бы способны к самовозобновлению (семенному и/или вегетативному) (Сапанов, 1998, 2008).

В Китае стали уделять большое внимание вопросам предотвращения эрозии и борьбе с ухудшением свойств почв и воды на территории Лессового плато с начала 1950-х гг. Здесь естественная растительность, например, на юго-востоке и на северо-западе, сохранилась лишь в местах, неудобных для возделывания сельскохозяйственных культур и занимает не более 5% территории. Вся остальная поверхность распахана, лёссовые склоны высотой до 1000 м искусственно террасированы. С уничтожением естественных экосистем, в том числе лесов, эрозия затронула 45% всей территории, со средней ежегодной потерей почвы 3 720 т/км².

При наличии достаточного количества влаги в некоторых местах возможно выращивание сомкнутых лесонасаждений. На Лессовом плато в культурах используется карагана мелколистная (*Caragana microphylla*), облепиха (*Hippophae rhamnoides*), робиния (*Robinia pseudoacacia*), китайская сосна (*Pinus tabulaeformis*) и другие виды (*Malus pumila*, *Prunus davidiana*, *P. armeniaca* var. *Ansu*). Например, на лесной опытной станции Zhongwan 50-летний опыт показал, что смешанные (полидоминантные) культуры более устойчивы, чем чистые (монодоминантные). Здесь предлагается создавать смешанные культуры из сосны с лиственными породами, в том числе с облепихой (Jin-Tun Zhang, Tinggui Chen, 2007).

На Лессовом плато был выполнен грандиозный эксперимент по авиационному посеву деревьев и трав. В период между 1975 и 1984 гг. более 4000 га было успешно засеяно астрагалом (*Astragalus adsurgens*), караганой, облепихой и сосной. К 1990 г. область аэросева в регионе была расширена до 270000 га (Wu Qinxiao et al., 1995).

Тем не менее, несмотря на очевидное благоприятное противозерозионное воздействие, крупномасштабное облесение обычно усиливает дефицит почвенной

влаги. Лесные культуры расходуют продуктивную влагу из почвенных горизонтов все глубже и глубже по мере роста и углубления корней деревьев.

В искусственных лесных массивах Русской равнины и Лессового плато потребление воды древостоем в зависимости от плотности почвы и породного состава начинает превышать пополнение его запасов осадками уже до наступления 10-летнего возраста. Вся продуктивная влага, накопленная ранее в почвогрунте, расходуется полностью, поэтому уже с глубины 2 – 3 м начинает формироваться постоянно иссушенный слой почвы, который не пополняется атмосферными осадками. Например, интенсивность иссушения почв под лесными массивами в трех климатических зонах Лессового Плато увеличивается при движении с юга на север, где толщина высушенных слоев почвы под лесом может составлять около 8 м (Li Jun et al., 2008). По мере увеличения возраста рост и состояние древостоев начинают полностью зависеть от ежегодных осадков, а, как указывалось выше, они не могут полностью обеспечить их жизнедеятельность. Поэтому деревья начинают погибать. В дальнейшем, после распада древостоев, естественная влажность иссушенных горизонтов восстанавливается очень медленно в течение многих лет. В России в середине XX в. погибли сотни гектар так называемых «промышленных дубрав», которые создавались большими массивами в засушливых условиях Юго-Востока европейской части России. Остаются расти лишь те древостои, которые достигают корнями капиллярную кайму пресных грунтовых вод. Однако такие условия встречаются довольно редко (Сапанов, 2003).

В местах с дефицитом влаги лесоводы пытаются увеличить водоснабжение каждого дерева в сомкнутом насаждении различными способами, например, проведением периодических рубок ухода. Однако это мероприятие не приносит желаемого результата из-за того, что оставшиеся деревья быстро захватывают освободившееся после рубок жизненное пространство убранных деревьев с восстановлением полога из смыкающихся крон. При этом смыкаются и их корни, потому вся доступная влага из почвы начинает расходоваться с прежней скоростью и с таким же эффектом.

Также пытаются создавать лесонасаждения из засухоустойчивых лесных пород (например, *Ulmus pumila*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus robur*, *Acer negundo*, *A. tataricum*, *Gleditsia triacanthos*, *Caragana arborescens*, *Lonicera tatarica*, *Ribes aureum*) с применением влагосберегающих конструкций насаждений. Однако и здесь, по мере роста, вне зависимости от их конструктивных особенностей и ассортимента пород, насаждения начинают полностью расходовать поступающую влагу.

Существует также способ выращивания лесных культур изначально разреженной посадкой, с последующей ежегодной агротехнической обработкой как можно большего пространства вокруг каждого дерева (до 40 м²). Таким «садовым» приемом искусственно увеличивается площадь его водоснабжения за счет снятия конкуренции с травянистой растительностью. Однако в случае прекращения уходов междурядья зарастают травянистой растительностью, и деревья начинают погибать, так как не выдерживают межвидовой конкуренции (Сапанов, 2003, 2008).

Таким образом, встает вопрос о возможностях и перспективах использования методов лесомелиорации в засушливых условиях Русской равнины и Лессового

плато. Иными словами, необходимо решить проблему создания устойчивых многофункциональных лесных насаждения в регионах с недостаточным увлажнением.

Общеизвестно, что лесные экосистемы могут длительно произрастать лишь в тех местах, где отсутствует дефицит влаги. Общим мерилем оптимальных лесорастительных условий является соотношение осадков к испаряемости как 1:1, т.е. количество ежегодных осадков должно быть, по крайней мере, равно или больше испаряемости (Высоцкий, 1960). Данное соотношение определяется тем, что сезонная эвапотранспирация лесных экосистем также должна соответствовать и быть соразмерна этим величинам.

Рассматриваемые нами регионы России и Китая в основном не отвечают этим условиям (количество осадков намного меньше испаряемости), поэтому лесные культуры в таких местах могут расти только при дополнительном почвенном влагонакоплении. Здесь необходимо акцентировать, что этого можно достичь, лишь перераспределив по территории атмосферные осадки. Механизмы перераспределения, поддающиеся регулированию, различаясь по способу (в Китае – ливневый сток, в России – снегоперенос и сток талых вод), сходны в том, что вода может аккумулироваться в понижениях рельефа. Именно в таких местах можно и нужно высаживать деревья и кустарники.

В естественном виде деревья и кустарники на большей части этих территорий не произрастают, а приурочены к местам с повышенным увлажнением, например, встречаются в понижениях рельефа (балки, потяжины, овраги и пр.), т.е. там, где собираются атмосферные осадки и/или присутствуют доступные грунтовые воды. Например, на Юго-Востоке России в понижениях рельефа сохранились вековые посадки из дуба черешчатого, клена татарского и других бореальных видов деревьев и кустарников, и нет никаких оснований полагать, что их жизненный цикл скоро закончится (Сапанов, 2003). На Лессовом плато в Китае на лесной опытной станции Zhongwan на горе Ziwluling, где количество осадков 623 мм/год, при испаряемости 1500 мм/год долговечные сосновые насаждения также приурочены к днищам оврагов и к долинам (Zhang Xibiao et al., 2006). Как видим, в таких регионах необходимо правильно выбирать места для создания лесных культур, максимально оптимизировав перехват насаждением поверхностного стока воды с переводом его во внутрипочвенный.

Из этого следует, что лесовыращивание на равнинных территориях и ровных склонах за счет создания больших массивов обрекает деревья на гибель по мере их роста из-за отсутствия адекватного увеличения дополнительного увлажнения. Здесь вся атмосферная влага (в том числе ливневая) в лучшем случае впитывается *in situ*. Иными словами, здесь не может быть обеспечено дополнительное увлажнение всех деревьев на большой площади. Однако, как указывалось выше, в молодом возрасте и при таком способе посадки может создаться ложное впечатление о том, что культуры вполне устойчивы. Это связано с тем, что изначальная влажность почвогрунта под целинной травянистой растительностью, корни которой расположены лишь в верхних почвенных горизонтах, в таких местах может быть высока на значительную глубину.

На ровных склонах сохранность лесных культур увеличивается при их выращивании узкими полосами всего из нескольких рядов. Такие лесополосы должны

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

располагаться на значительном удалении друг от друга для перехвата поверхностного стока с открытых пространств и депонирования дополнительной влаги непосредственно под деревьями. При этом наиболее перспективны контурные ленточные лесополосы, каждая из которых создается на одной абсолютной высоте склона. В этом случае происходит равномерный перехват воды за счет отсутствия стока вдоль лесной полосы.

Большие возможности для лесовыращивания открываются там, где есть естественные или искусственные понижения микро- и мезорельефа с благоприятными почвенно-гидрологическими свойствами. На Прикаспийской низменности такие условия наблюдаются в западинах и падинах. На Джаныбекском стационаре Института лесоведения РАН изучены особенности функционирования небольших лесных колков, сохранившихся по небольшим блюдцеобразным понижениям (западинам) с лугово-каштановыми почвами. Такие западины, каждая диаметром 5 – 30 м, занимают в солонцовом комплексном почвенном покрове до 25% площади. Характерной особенностью западин является отсутствие в почвенном профиле легкорастворимых солей и наличие пресной линзы, которая как бы «плавает» на засоленных грунтовых водах. В начале 1950-х гг. на участке Государственной лесной полосы «Чапаевск – Владимировка», проходящей по территории стационара, были заложены разнообразные лесные культуры, отличающиеся ассортиментом лесных пород, схемами их смешения, способами посадки. Выявлено, что за 55-летний период существования этих лесных колков наибольшее экологическое соответствие этим условиям местопроизрастания проявляется у дуба черешчатого, жимолости татарской, скумпии (*Cotinus coggygria*), клена татарского, караганы древовидной. Сохранность вяза приземистого и смородины золотой (основных видов в агролесомелиорации) по западинам намного хуже. Наилучший тип посадки – древесно-кустарниковый, когда высокоствольные деревья окаймлены кустарником. Срединная часть таких колков представлена деревьями 5 – 7 м высоты (при диаметре до 20 см), которые образуют пологое сомкнутое насаждение, поэтому под ними почва мертвопокровная, т.е. без травянистой растительности, проникновение которой под полог препятствуют также опушечные кустарники. Предлагаемая конструкция колков способствует также большему дополнительному накоплению снега как внутри себя, так и на прилегающей территории, что приводит к увеличению массы травостоя вблизи таких колков в 2.5 раза относительно более удаленной целины (Оловянникова, 1976). На многих участках в течение 60 лет сохраняются благоприятные лесорастительные свойства лугово-каштановых почв западин (зона опреснения почвенного профиля достигает глубины 250 – 300 см, грунтовые воды слабоминерализованы ~ 1.0 г/л) и характеризуются оптимально-возможной влагообеспеченностью, сбалансированностью по составу солей и весьма удовлетворительным состоянием лесных насаждений, «вписанных» в западину. Долговечность искусственных лесных колков по западинам, очевидно, связана с тем, что их ежегодный эвапотранспирационный расход компенсируется дополнительным увлажнением почвогрунта (хотя и при некотором засолении грунтовых вод).

Длительное существование искусственных лесных колков 55-летнего возраста по западинам без проведения постоянных агротехнических и лесоводственных

уходов свидетельствует о возможности создания оптимальной экосистемы в локальных понижениях (западинах), способствующей поддержанию устойчивого солевого равновесия почв, и является основанием для рекомендаций их к широкому применению в лесокультурных мероприятиях. Такая конструкция лесного колка пригодна для создания лесопастбищных систем. При этом территория, подверженная лесомелиорации, будет представлять собой своеобразный устойчивый западинно-колочный ландшафт, в котором, в частности, домашние животные могут использовать веточный корм в период бескормицы и укрываться от летнего зноя и осенне-зимних ветров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При создании устойчивых долговечных лесонасаждений на Юго-Востоке Русской равнины и Лессовом плато необходимо учитывать местное поверхностное перераспределение атмосферных осадков, которое поддается регулированию. В Китае это ливневый сток, в России – перераспределение снега и сток талых вод. Во всех случаях должен обеспечиваться одинаковый результат – дополнительное увлажнение почвогрунтов под лесонасаждениями для оптимизации их эвапотранспирации.

Работа выполнена при финансовой поддержке совместного проекта Российского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда естественных наук Китая (проекты № 07-04-92102 и 40811120032).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биогеоценоотические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1974. 360 с.
- Волперский С.Э., Добровольский Г.В., Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Соколова Т.В.* Рукотворный лесной оазис в полупустыне // Вестн. РАН. 2006. № 9. С. 798 – 804.
- Высоцкий Г.Н.* Избранные труды. М.: Сельхозгиз, 1960. 435 с.
- Оловянная И.Н.* Влияние лесных колков на солончаковые солонцы. М.: Наука, 1976. 127 с.
- Основные показатели лесохозяйственной деятельности за 1988, 1992 – 2001 гг. М.: Рослесинфорг, 2002. С. 98 – 99.
- Павловский Е.С.* О подготовке новой концепции агролесомелиорации // Теория и практика агролесомелиорации: Материалы науч.-практ. конф. / Всерос. НИИ агролесомелиорации. Волгоград, 2005. С. 179 – 178.
- Рос. лесн. газ. 2006. № 8 – 10.
- Сапанов М.К.* Основные принципы создания адаптированных колочно-западинных насаждений в глинистой полупустыне // Лесное хозяйство. 1998. № 5. С. 29 – 30.
- Сапанов М.К.* Экология лесных насаждений в аридных регионах. Тула: Гриф и К, 2003. 248 с.
- Сапанов М.К.* Роль защитного лесоразведения и устойчивое природопользование // Лесное хозяйство. 2008. № 3. С. 28 – 30.
- Сапанов М.К., Сиземская М.Л., Оловянная И.Н.* Агролесомелиоративная система адаптивного природопользования в богарных условиях полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. 2005. № 3. С. 264 – 270.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ

Сиземская М.Л., Сапанов М.К. Искусственные лесные биогеоценозы в аридных регионах // Идеи биогеоценологии в лесоведении и лесоразведении. М.: Наука, 2006. С. 119 – 126.

Jin-Tun Zhang, Tinggui Chen. Effects of mixed *Hippophae rhamnoides* on community and soil in planted forests in the Eastern Loess Plateau, China // *Ecological Engineering*. 2007. № 31. P. 115 – 121.

Li Jun, Chen Bing, Li Xiaofang, Zhao Yujuan, Ciren Yangjing, Jiang Bin, Hu Wei, Cheng Jimin, Shao Ming'an. Effects of deep soil desiccation on artificial forestlands in different vegetation zones on the Loess Plateau of China // *Acta Ecologica Sinica*. 2008. Vol. 28, № 4. P. 1429 – 1445.

Wu Qinxiao, Liu Xiangdong, Zhao Hongyan. Ways and measures of restoring vegetation for controlling soil and water loss on the Loess Plateau of China // *Indian Forester*. 1995. P. 194 – 200.

Zhang Xibiao, Zheng Shuxia, Shangguan Zhouping. Nutrient distributions and bio-cycle characteristics in both natural and artificial *Pinus tabulaeformis* Carr. forests in hilly loess regions // *Acta Ecologica Sinica*. 2006. Vol. 26, № 2. P. 373 – 382.