

**СОСТОЯНИЕ, ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ
(*BETULA PENDULA* ROTH, BETULACEAE, DICOTYLEDONES)
В СТЕПНОМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ**

А. И. Золотухин, М. А. Занина

*Балашовский институт Саратовского государственного университета
им. Н. Г. Чернышевского*

Россия, 412310, Балашов, Юбилейная, 14

E-mail: FEBZolotuhin@yandex.ru

Поступила в редакцию 19.05.13 г.

Состояние, эколого-ценотическая характеристика и перспективы лесных культур берёзы повислой (*Betula pendula* Roth, Betulaceae, Dicotyledones) в степном лесоразведении. – Золотухин А. И., Занина М. А. – Летом 2010 г. тепловые повреждения берёзы в культурах составили по разработанной авторами пятибалльной шкале 4.2 – 4.8 балла. Древостой берёзы в 2011 г. были в различной мере ослабленными, но сохранились и здоровые насаждения. Более засухоустойчивы высоко полнотные лесные массивы и берёзовые лесные полосы. Травяной покров в них развит слабо. Изреженные культуры берёзы зарастают злаками и после засух отмирают. Выделения корней кустарников угнетают интенсивность фотосинтеза степных растений на 10 – 25%. В вегетационных опытах разные виды кустарников стимулируют или тормозят рост побегов, корней и интенсивность фотосинтеза берёзы в среднем на 10 – 30%. Рекомендуется выращивать берёзу в лесных полосах, используя кустарниковые опушки с высокой аллелопатической активностью для биологической защиты почвы от зарастания сорными и степными растениями.

Ключевые слова: берёза повислая, подлесочные кустарники, аллелопатия, вегетационные опыты, степное лесоразведение.

Status, ecologo-coenotic characteristics and perspectives of forest cultures of the drooping birch (*Betula pendula* Roth, Betulaceae, Dicotyledones) in steppe afforestation. – Zolotukhin A. I. and Zanina M. A. – In the summer of 2010 the thermal damages of the birch in the cultures were 4.2 – 4.8 points according to the authors' five-point scale. In 2011, the stands of birch trees were weakened to a variable degree, but some healthy stands remained. High-density forest massifs and birch forest belts are more drought-resistant. The grass cover is weakly developed therein. Thinned birch cultures become overgrown with herbs and die out after droughts. The root exudates of shrubs depress the intensity of photosynthesis of steppe plants by 10 – 25%. In vegetation experiments, various species of shrubs stimulate or slow down the growth of shoots, roots and the intensity of photosynthesis of the birch by 10 – 25% on average. It is recommended to grow the birch in forest belts using shrubby borders with high allelopathic activity for biological defense of the soil from overgrowing with weedy and steppe plants.

Key words: drooping birch, underforest shrubs, allelopathy, vegetation experiments, steppe afforestation.

ВВЕДЕНИЕ

Берёза повислая (*Betula pendula* Roth) – быстрорастущая, биологически устойчивая древесная порода, получила широкое применение при выращивании лесных культур в лесостепи и степи. Она переносит в южных условиях своего ареала засухи, устойчива к засолению почв и загазованности городов (Попов, 2003). В пос-

ледние годы в связи с резким усилением засух и крайне высокими температурами происходит ослабление и гибель берёзовых насаждений в лесных культурах степных регионов. Отмирание берёзовых древостоев в зависимости от природных условий, вариантов лесных насаждений, их состава и возраста происходит неодинаково (Кузьмичев, Золотухин, 2011; Раков и др., 2011).

Под пологом чистых березняков развивается травяной покров, особенно злаки, что сказывается отрицательно на их состоянии. Целесообразно создавать берёзовые насаждения в смеси с теневыносливыми древесными породам и кустарниками (Попов, 2003). Нами изучено влияние ряда подлесочных кустарников на берёзу и наиболее распространенные травянистые растения степных лесонасаждений (Золотухин, 1981). Возможно, использование кустарников на основе научно обоснованных принципов подбора при создании берёзовых культур станет одним из факторов повышения их биологической устойчивости. Цель настоящей работы – обобщить многолетние исследования авторов, посвящённых состоянию, фитоценоотическим особенностям и взаимовлиянию различных растительных компонентов берёзовых искусственных насаждений, и дать рекомендации по совершенствованию их состава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследований были искусственные берёзовые насаждения, в основном лесные полосы 20 – 50-летнего возраста, широко распространенные в степных лесонасаждениях кустарники, сорные и степные травянистые растения. Устойчивость древесных растений к экстремально высоким температурам и засухе определялась по разработанной нами пятибалльной шкале, отражающей степень повреждения крон под влиянием высоких температур и засухи. Выделено пять классов поврежденности. Деревья, относящиеся к первому классу – практически здоровые, относящиеся к пятому классу – с очень сильными поврежденными и полностью высохшими кронами (Кузьмичев, Золотухин, 2012). Жизненное состояние древостоев берёзы учитывалось по методике В. А. Алексеева (Алексеев, 1989).

Проводились геоботанические описания травяного покрова и учёт фитомассы трав в пределах ленточных трансект. Взаимоотношения кустарников с берёзой и влияние их выделений на травянистые растения изучались в вегетационных и лабораторных опытах путем выращивания 1 – 2-летних сеянцев в чистых или смешанных культурах. Проводился длительный или кратковременный полив молодых растений берёзы и травянистых растений, а также их семян дренажными водами из-под кустарников, проращивание семян, учет интенсивности фотосинтеза и минерального питания радиометрическими методами (Золотухин, 1981).

Влияние выделений кустарников на фотосинтез травянистых растений изучалось радиометрическим методом по включению ^{14}C в листья на установке, состоящей из трех ассимиляционных камер объемом 130 л каждая, насоса Камовского, радиометра Б-4 и двух вентиляторов. Воздействие летучими выделениями кустарников моделировали в камерах – деревянных каркасах, обтянутых полиэтиленовой пленкой по бокам и открытых сверху. В каждую камеру ставили растения

доноры и акцепторы по вариантам. Водорастворимые выделения корней кустарников получали от полива почвы в сосудах с произрастающими в них сеянцами кустарников. Этой дренажной водой поливали травянистые растения. Опыты проводились 10 дней по методике М. В. Колесниченко (Колесниченко, 1976), после чего вазоны с травянистыми растениями всех вариантов помещались в одну камеру, насыщенную углекислотой, меченой $^{14}\text{CO}_2$ на 20 мин. Затем растения срезались, высушивались, и их радиоактивность просчитывалась в лаборатории. Интенсивность фотосинтеза определялась путем перерасчета по методике В. Л. Вознесенского (Вознесенский и др., 1965). Исследования проводились с 1976 по 2013 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Летом 2010 г. авторами статьи проводился учёт состояния неблагополучных культур берёзы с целью определения степени ее тепловых повреждений на фоне других местных и интродуцированных древесных видов Прихоперья. Дана оценка устойчивости 28 видов древесных растений, среди которых берёза повислая оказалась наиболее чувствительной к длительному отсутствию атмосферных осадков и воздействию экстремально высоких температур (Кузьмичев, Золотухин, 2012). В различных местообитаниях согласно разработанной авторами статьи шкале от

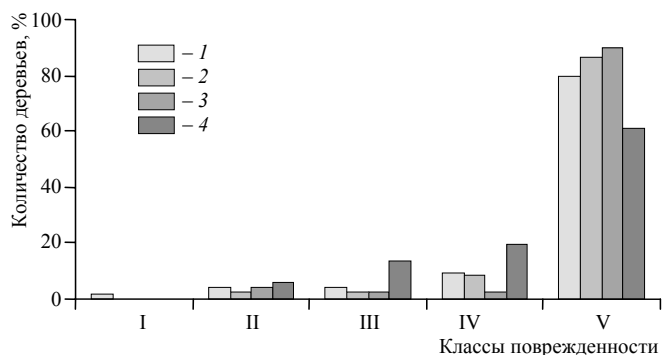


Рис. 1. Степень повреждения *Betula pendula* Roth засухой и высокими температурами в различных местообитаниях: 1 – г. Балашов, 2 – дачи, 3 – пос. Ветельный, 4 – крупные лесные насаждения

61 до 90% ее деревьев отнесены к V классу поврежденности (рис. 1). Средневзвешенное значение классов поврежденности берёзы варьирует в пределах 4.2 – 4.8. Особенно сильно пострадали отдельно стоящие деревья берёзы и аллеи посадки в городских условиях на южной экспозиции улиц. В лесных полосах максимальные ожоги и гибель листьев наблюдались в изреженных насаждениях с задернением почвы злаками. Повышенная чувствительность берёзы к экстремальной засухе и высоким температурам, возможно, связана с особенностями строения и функционирования ее корневых систем, которые состоят в основном из придаточных корней с эктотрофной микоризой. Часто они расположены в верхних слоях почвы и не усиливают рост при недостатке влаги (Попов, 2003; Раков и др., 2011).

Летом 2011 г. были проведены исследования жизненного состояния древостоев берёзы по В. А. Алексееву (Алексеев, 1989). Ее насаждения в различных местообитаниях имели значительные повреждения, были сильно ослаблены или полно-

стью разрушены, но нередко они сохранились здоровыми или незначительно поврежденными (рис. 2). Индекс жизненного состояния древостоев берёзы варьировал от 7.7 до 80.2%. Более устойчивыми и жизнеспособными оказались высокополнотные берёзовые насаждения в лесных полосах, аллеи или группы деревьев в городской среде, расположенные в благоприятных условиях микроклимата. Интересен массив берёзового леса в урочище Медвежий куст, где сохранилось хорошее жизненное состояние древостоев (Золотухин и др., 2012). Это насаждение на площади около одного гектара в возрасте 50 лет с мощной неразложившейся лесной подстилкой и травяным покровом с проективным покрытием 3 – 15% из 23 видов многолетних сорных и степных травянистых растений. В древесном ярусе имеется небольшая примесь ясеня пенсильванского, который распространился самосевом. Полнота насаждений 0.8 – 0.9. Индекс жизненного состояния древостоев здесь составил 95%. В этом же лесном массиве состояние берёзы было сильно ослабленное при участии ее в качестве небольшой примеси к ясеню пенсильванскому и вязу мелколистному (см. рис. 2).

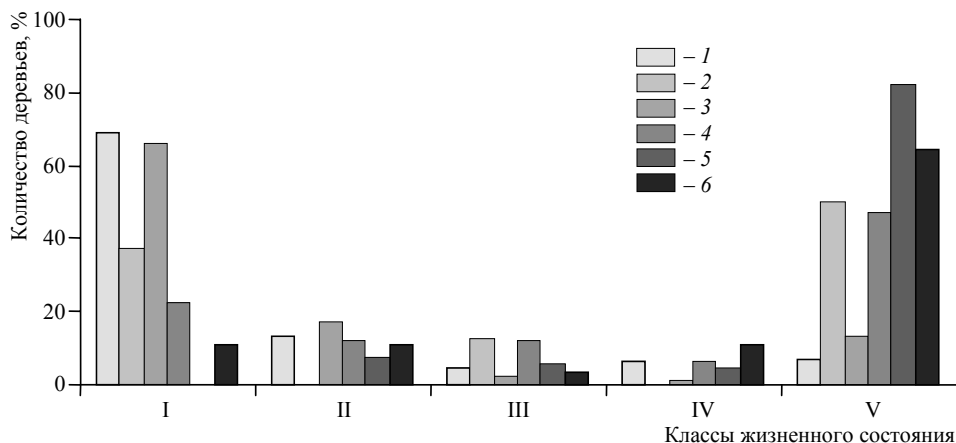


Рис. 2. Распределение деревьев *Betula pendula* Roth по классам жизненного состояния В. А. Алексеева (1989): 1 – г. Балашов, 2 – д. Б. Мелик (искусственный лесной участок), 3 – лесной массив Медвежий куст (квартал № 112), 4 – берёзово-сосновая лесополоса (окрестности с. Мача), 5 – берёзовая лесополоса (окрестности с. Мача), 6 – городская свалка

Летом 2012 г. у берёзы в слабо поврежденных насаждениях кроны стали восстанавливаться. Авторами статьи исследовано состояние придорожных лесных полос вдоль автотрассы Саратов – Балашов. В Лысогорском районе от Озерок до Гремячего трехрядная берёзовая лесная полоса с опушками из тёрна, с полнотой насаждений 0.7 имеет индекс жизненного состояния 80 – 85%. Возраст данной лесной полосы 45 лет. Хорошо сохранилась трехрядная лесная полоса из берёзы в возрасте 45 лет от Лысых гор на 1.5 км в сторону Балашова. Полнота насаждений 0.7 – 0.8, индекс жизненного состояния 85%. Трехрядная берёзовая сорокалетняя защитная полоса с опушкой из ирги канадской, с полнотой 0.7 – 0.8 расположена

от Калининска на один км в сторону Балашова. Древостои берёзы здесь имеют индекс жизненного состояния 80 – 95%.

В 1976 г. проводилось геоботаническое исследование травяного покрова в 20-летней берёзовой лесной полосе с опушкой из лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.), расположенной на полях ГНУ НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева РАСХН в Новоусманском районе Воронежской области. Состояние древостоев и их сохранность имели высокие показатели. Сомкнутость крон 0.7 – 0.8. В лесной полосе через всю ее ширину проведен учёт травяного покрова на 5 трансектах. Учтены 24 вида сорных и степных травянистых растений из 9 семейств: сложноцветных, злаков, бобовых, маревых, норичниковых, вьюнковых, гречишных, крестоцветных. Преобладают корневищные и корнеотпрысковые многолетники: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit., *Linaria vulgaris* Mill.

Распределение отдельных видов по профилю лесной полосы имело некоторые особенности. У доминирующего пырея ползучего проективное покрытие под кронами лоха узколистного было 18 – 27%; в первом от него ряду берёзы – менее 1%, а дальше к противоположной опушке этот показатель возрастал до 5%. Многолетние и однолетние сорные растения с проективным покрытием 1 – 4% распространены по профилю лесной полосы более или менее равномерно.

Фитомасса злаков при переходе от кустарниковой опушки к берёзе уменьшается с 68.0 до 9.3 г м⁻², а дальше постепенно увеличивается и достигает 43.0 г м⁻² на противоположной от лоха стороне лесной полосы. У многолетних сорных растений этот показатель по профилю лесной полосы остается почти на одном уровне – 15 – 20 г м⁻². Видно, что травяной покров в изученном насаждении развит слабо и это связано с различными формами влияния берёзы и лоха на нижние ярусы. По современным данным, в травяном покрове берёзовых лесных полос произрастает 33 – 37 видов травянистых растений (Ковылина и др., 2011; Кузьмичев, Золотухин, 2011). Развитие травяного покрова в исследуемой лесной полосе может ограничиваться слабой освещенностью, которая составила 11.1 – 16.6%.

Для оценки роли конкуренции корней древесных растений во взаимоотношениях с травянистыми растениями был проведен опыт на полях Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I в двухрядной 18-летней берёзовой лесной полосе с подлеском из акации жёлтой (Золотухин, 1980 а). Применялся метод изоляции корней деревьев и подлеска по Фрикке на трех площадках 0.5×2.0 м. Рядом располагались контрольные площадки без изоляции корней такого же размера. В табл. 1 приведены средние показатели, отражающие их результаты.

На контрольных и опытных площадках было 12 видов, в основном многолетних сорных растений: *Poa nemoralis* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Taraxacum officinale* Wigg., *Geum urbanum* L., *Chenopodium album* L., *Artemisia absinthium* L., *Lactuca serriola* L., *Polygonum aviculare* L., *Solanum dulcamara* L., *Plantago major* L. пырей ползучий, льнянка обыкновенная. Устранение влияния корней берёзы повислой и акации жёлтой привело к разрастанию травяного покрова, особенно пырея ползучего, на опытных площадках. Увеличилось проектив-

СОСТОЯНИЕ, ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

ное покрытие, почти не изменились количество видов и размеры растений. Это дополняет многочисленные исследования о большом значении конкуренции деревьев и трав в их взаимоотношениях. Одной из возможных причин положительной реакции травянистых растений на устранение конкуренции может быть отсутствие выделений корней древесного яруса в почве опытных площадок.

Таблица 1

Влияние корней берёзы и акации жёлтой на травяной покров контрольной (без изоляции корней) и опытной (с изоляцией корней) площадок

8 июля 1976 г.				25 июля 1977 г.			
Кол-во видов, шт.	Проектив. покрытие, %	Обилие, шт.	Средн. высота, см	Кол-во видов, шт.	Проектив. покрытие, %	Обилие, шт.	Средн. высота, см
Контрольные площадки (без изоляции корней)							
10	5	72	18	6	2	55	27
Опытные площадки (с изоляцией корней)							
11	5	63	22	9	34	189	23

Длительный полив (1.5 месяца) пырея ползучего, посеянного в вазонах с почвой, дренажными водами из-под берёзы и ряда кустарников приводит к задержке роста его побегов и корней на 10 – 20% по сравнению с контролем. Берёза стимулировала рост побегов пырея на 12% и угнетала рост корней на 7% (Золотухин, 1980 а). Берёза повислая имеет высокую потенциальную аллелопатическую активность (Золотухин, 2007), но, как показывают опыты, пырей по отношению к ее корневым выделениям проявил почти индифферентную реакцию. В пределах фитогенного поля берёзы отмечено некоторое повышение биологической активности почвы (Паркина, 2006). Приведенные материалы показывают, что культуры берёзы нуждаются в защите от зарастания пыреем и другими травянистыми растениями.

Установлено, что под влиянием водорастворимых выделений кустарников интенсивность фотосинтеза ряда степных растений снижается на 10 – 25% (Золотухин, 1980 б). Их действие имеет видовую специфичность и наиболее сильно выражено у жимолости татарской и акации жёлтой (табл. 2).

Таблица 2

Влияние летучих и водорастворимых выделений кустарников на фотосинтез травянистых растений (Золотухин, 1981)

Варианты опыта	Интенсивность фотосинтеза мг CO ₂ г ⁻¹ ч ⁻¹			
	Пырей ползучий	Мятлик узколистный	Осока ранняя	Щирица запрокинутая
Контроль	25.78±1.20	74.81±1.39	42.41±0.95	20.67±0.71
Акация жёлтая	21.57±0.85	59.70±0.86	33.50±2.17	16.13±2.0
Жимолость татарская	17.16±1.46	55.97±0.34	38.77±1.08	15.81±2.18
Лох узколистный	20.38±1.81	56.51±2.28	38.31±0.13	21.01±0.78
Тёрн	44.30±1.73	49.80±3.19	36.11±1.51	22.20±0.97*

Примечание. Значение контроля для варианта «пырей – тёрн» составляет 47.02±1.42; * – вариант «щирица – ирга канадская».

В табл. 3 приведены результаты опытов по изучению влияния кустарников на берёзу, при совместном выращивании в вегетационных сосудах с 1976 по 1978 г. Установлено, что у берёзы, произрастающей с лохом узколистным, акацией жёлтой, иргой канадской, линейный прирост и масса корней увеличиваются на 15.9 – 31.0 и 14.7 – 35.8%, а с тёрном, бузиной красной, аморфой кустарниковой, смородиной золотой, жимолостью татарской, вишней кустарниковой – уменьшаются на 10.1 – 16.6 и 16.6 – 50.5% по сравнению с одновидовыми культурами.

Таблица 3

Влияние кустарников на рост и фотосинтез растений берёзы при совместном произрастании в вегетационных сосудах (Золотухин, Алейкина, 1979)

Вариант	Прирост по диаметру		Прирост по высоте		Масса сухих корней		Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ г ⁻¹ ч ⁻¹
	мм	%	мм	%	г	%	
Берёза+берёза	1.4±0.0	100.0	27.7±1.6	100.0	10.9±0.8	100.0	19.90±1.40
Берёза+жимолость	1.1±0.1	78.5	20.2±1.0	7.9	6.2±0.7	56.8	15.17±0.71
Берёза+лох	1.8±0.0	128.6	36.3±1.8	131.0	16.2±1.0	148.6	22.18±1.20
Берёза+ирга	2.0±0.1	142.8	32.1±1.5	115.9	14.8±0.9	135.8	24.04±2.00
Берёза+аморфа	1.0±0.0	71.4	24.9±1.3	89.9	5.4±0.3	49.5	12.64±0.98
Берёза+смородина	1.8±0.1	128.5	24.4±2.1	88.0	7.4±1.0	67.9	12.03±1.63
Берёза+бузина	1.1±0.0	78.6	18.6±1.4	67.1	8.5±1.1	78.0	15.36±1.64
Берёза+акация	1.8±0.1	128.6	33.7±0.9	121.7	12.5±0.9	114.7	18.55±2.58
Берёза+тёрн	1.2±0.1	85.7	21.9±1.6	79.0	9.2±0.7	84.4	18.02±0.33
Берёза+вишня	1.3±0.1	92.8	23.3±1.1	84.1	7.7±1.0	70.6	15.88±1.42

Особенно сильно реагирует на примесь кустарников рост корней. При этом изменения интенсивности фотосинтеза берёзы почти во всех вариантах происходят согласованно с ее ростом по высоте, диаметру (Золотухин, 1979; Золотухин, Алейкина, 1979). Интенсивность фотосинтеза больше, чем в контроле, у берёзы, произрастающей с лохом и иргой, на 11.5 – 20.8%. Остальные кустарники-примеси снижают данный показатель на 9.5 – 39.6%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После необычайно жаркого и сухого лета 2010 г. в Прихоперье берёзовые культуры были сильно повреждены, что привело к гибели ранее ослабленных деревьев, изреженных древостоев, особенно в городских условиях. Устойчивыми к тепловому стрессу оказались сомкнутые насаждения с высокими уровнями натурализации, со стабильно сохраняющейся лесной средой. Такой опыт позволяет рекомендовать берёзу для дальнейшего выращивания в качестве главной породы в защитных лесных насаждениях при строгом соблюдении агротехники и обеспечении высокой сохранности ее древостоев. В опушки лесных полос целесообразно вводить подлесочные кустарники с высокой аллелопатической активностью, влияющие отрицательно на травянистые растения и индифферентные для берёзы, которые могут обеспечить биологическую защиту насаждений своими выделениями от разрастания сорных и степных травянистых растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России в рамках базовой части (проект № 1287).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51 – 57.
- Вознесенский В. Л., Заленский О. В., Семихатова О. Е. Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. М. ; Л. : Наука, 1965. 305 с.
- Золотухин А. И. О биохимическом влиянии кустарников, выращиваемых в лесных полосах лесостепи, на березу и лиственницу // Лесной журн. 1979. № 6. С. 7 – 12.
- Золотухин А. И. Аллелопатическое влияние кустарников, используемых при степном лесоразведении, на пырей ползучий // Экология. 1980 а. № 4. С. 13 – 17.
- Золотухин А. И. Фитоценотическая роль выделений кустарников в степных лесонасаждениях // Лесная геоботаника и биология древесных растений : сб. науч. тр. / под ред. Е. С. Мурахтанова. Тула : Изд-во Тульск. политехн. ин-та, 1980 б. С. 33 – 36.
- Золотухин А. И. Фитоценотическая роль выделений кустарников в сообществах лесных полос лесостепи : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1981. 25 с.
- Золотухин А. И. Биологическая активность водных экстрактов листьев древесных растений в разных экологических условиях // Структура, состояние и охрана экосистем Прихоперья : межвуз. сб. науч. тр. / под общ. ред. А. И. Золотухина. Балашов : Николаев, 2007. С. 43 – 46.
- Золотухин А. И., Алейкина М. М. Влияние кустарников, распространенных в лесостепи, на состояние березы при их совместном произрастании // Комплексная продуктивность лесов в Саратовской области / под ред. М. А. Дудорева. Саратов : Изд-во Саратов. с.-х. ин-та, 1979. Вып. 128. С. 82 – 89.
- Золотухин А. И., Занина М. А., Овчаренко А. А., Шаповалова А. А. Структура и состояние древостоев лесных культур урочища Медвежий куст // Мониторинг биоразнообразия экосистем степной и лесостепной зон : материалы Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. А. И. Золотухина. Балашов : Николаев, 2012. С. 64 – 68.
- Кузьмичев А. М., Золотухин А. И. Эколого-флористическая характеристика лесных защитных насаждений различного древесного состава в Среднем Прихоперье // Науч. обозрение. 2011. № 4. С. 11 – 23.
- Ковылина О. П., Ковылин Н. В., Сухенко Н. В. Исследование роста защитных лесных полос разного видового состава в Ширинской степи Хакасии // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXVIII, № 1 – 2. С. 27 – 33.
- Колесниченко М. В. Биохимическое взаимовлияние древесных растений. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Лесная пром-ть, 1976. 184 с.
- Кузьмичев, А. М., Золотухин А. И. Повреждения древесных растений экстремально высокими температурами и засухой летом 2010 г. в Среднем Прихоперье // Вестн. Саратов. гос. аграрного ун-та им. Н. И. Вавилова. 2012. № 1. С. 32 – 36.
- Паркина И. Н. Особенности биологической активности почвы в фитогенном поле березы повислой // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естественнонаучная серия. 2006. № 7 (47). С. 148 – 153.
- Попов В. К. Березовые леса Центральной лесостепи России. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. 434 с.
- Раков Н., Сенатор С., Саксонов С. Плач по березам // FLORA FOLIUMII : газ. Тольяттин. отд-ния Рус. бот. о-ва. 2011. № 29. 5 окт. С. 2 – 5.