

Г.С. Айдарханова^{1*}, Б.С. Имашева²

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;

²ҚР ДСМ «Қоғамдық денсаулық сақтау ұлттық орталығы» ШЖҚ РМК, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

*Хат-хабарларға арналған автор: exbio@yandex.ru

Ақмола облысының жағдайында жұпаргүл түрлерін интродукциялау

Мақалада Орталық Қазақстан қалаларының жасыл аумақтарына төзімді түрлі ағаштар мен бұталардың арасында жерсіндіруге мүмкіншілік тудыратын жұпаргүлдер түрлері қарастырылған. Осы аумақтың қалаларын жасылдандыру үшін ағаш өсімдіктері мен бұталарының биоалуантүрлілігі өте маңызды екені, олардың қысқаша интродукциялану тарихы жарияланды. Зерттеу барысында авторлар жерсіндіруге арналған жұпаргүл түрлеріне (Амур жұпаргүлі (*Syringa amurensis*), Облата жұпаргүліне, (*S.oblata*), Үлпек жұпаргүліне (*S. pubescens*), Пекин жұпаргүліне (*S.pekinensis*) мониторинг жүргізу ережелерін ұсынды. Олардың таксациялық көрсеткіштері 50,0; 86,4; 23,3; 71,7 пайызды құрайды. Осы түрлердің ішінде Ақмола облысындағы аумақта морфологиялық бейімделуі Облата (86,4) және Пекин (71,7) жұпаргүлдерінде қарқынды. Өсімдіктердегі интродукция қарқындылығын бағалауға фотосинтездің белсенділігі анықталды. Облата жұпаргүлінде (0,75 мкг/г) фотосинтетикалық белсенділіктің біршама төмендігі байқалған, басқа жұпаргүлдердің үшеуінде де жоғарылау (0,78 мкг/г). Зерттелген *Syringea* түрлерінде ауыр металдардың арасында кадмий, қорғасын Амур жұпаргүлі жапырағында басқаларға қарағанда 2,5 есеге дейін жоғары болды. Темір өте жоғары деңгейде Амур жұпаргүлінде жинақталып (3833,69 мкг/г), шектеулі рауалы концентрациядан (ШРК) 13 есе артқан. Мыс мөлшері Облата жұпаргүлінде ШРК-дан 1,1 есе жоғары. Мырыш мөлшері барлық зерттеу өсімдіктерінде бірдей, көрсеткіштері ШРК-дан аспайды. Си және Fe жұпаргүл жапырақтары ШРК-дан көп жинайтыны байқалды. Аккумуляциялық қасиеті жоғары Амур жұпаргүлі, себебі ол ең ұлы ауыр металдарды интенсивті сіңіретінін байқатты. Қорытындылай келе, ауыр металдар әр өсімдік түрінде әртүрлі концентрацияда жинақталады.

Кілт сөздер: Ақмола облысы, жұпаргүл, *Syringea* түрлері, интродукция, мониторинг, таксация, жапырақтар, фотосинтез, ауыр металдар.

Kipicne

Интродукциялау құбылысының тарихына шолу жасасақ, ең заманауи мәдени өсімдіктер интродуценттер болып табылатынын байқаймыз. Мысалы, XVI-XVII ғасырларда Еуропаға Америкадан жүгері, картоп, күнбағыс, бұрыш, қызанақ, темекі және т.б. әкелінді. Оңтүстік Америкаға қант қамысы Оңтүстік Азиядан Канар аралдары арқылы түсті. Солтүстік Америкада XVI ғасырда Еуропадан әкелінген алма, алмұрт, атбасталшын т.б ағаштар өсірілген, Аустралияда жүгері, зәйтүн, жүзім, цитрусты ағаштар пайда болған [1; 293]. Батыс Еуропада өсімдіктерді енгізу XVI ғасырда Шығыс пен Жерорта теңізі аралығында басталды. Тарихи түрде Батыс Еуропада шығыс өсімдіктеріне (Ұлы Жібек жолы), Парсымен сауда жасау — шығысқа қарай көптеген өсімдіктер әкелінді. Ағаштекес өсімдіктердің негізгі пионері болып Солтүстік Америкадан Еуропаға француз Андре Мишо баласы Франсуамен XVII ғасырдың ортасы мен соңында 30 жыл бойы Солтүстік Американың ормандары мен ағаштекес түрлерін зерттеген. Олар Францияға қылқан және жапырақты ағаштардың тұқымын жіберіп отырған. Алайда, Мишо жерсіндірген өсімдіктер кең таралмаған. Нәтижесінде ақ қараған мен кара жаңғақ франциялық академик Реамюрдің назарын

аудартқан [2]. XVII ғасырдың соңында франциялық ботаник Дюгамель дю Монсю Францияда алғаш арборетум құрып, ағаштекес өсімдіктер мен интродуценттер бойынша ғылыми жұмысын жасаған. 1777 жылы неміс ғалымы Ф.А. Вангенгейм Солтүстік Америкаға қоныс аударып, онда 1785 жылға дейін орман мен ағаштекес түрлерін зерттеп, 1787 жылы ол америкалық ағаштекес өсімдіктердің Германияның орман шаруашылығында пайдалануы туралы үлкен кітап шығарған [3; 47]. 1896, 1903 жылдары Д.Буттың (Германия) брошюралары шығарылып, Еуропа ормандарында Солтүстік Американың ағаштекес өсімдіктерін отырғызуға шақырған. Осылайша, жаңа түрлерді жерсіндіру әртүрлі елдердің экономикалық қызығушылықтарына байланысты болды [4]. Батыс Еуропаға мәдени өсімдіктердің келуі арқасында интродуценттердің көптеген коллекциялары жасалды. Ботаникалық бақтар, университеттер қол астындағы дендрарийлер, ақсүйектердің сарайлы кешендерінде бағбандар, архитекторлар, ғалымдардың жұмыстары бір жерден шыққандай құрылған. Ресейдің жерсіндіру жұмыстары қорытындысында XVIII ғасырда өзінің климатына сай келетін ағаштар анықталған — ақтерек, бальзамды терек, татар үйеңкісі, кәдімгі долана, кәдімгі бөріқарақат. Одан басқа осы тізімде сирек кездесетін, бірақ перспективті итшомырт, шырғанақ, Сібір шабдалысы т.б. аталды [5].

XIX ғасырға дейін ботаниктер мен өсімдік шаруашылығының мамандарын сібірлік түрлер назарын аудартты — сары қараған, Сібір балқарағайы, Сібірлік самырсын, спирия, далалық миндаль. Қырым мен Кавказдан және басқа да оңтүстік аудандардан ағаштекес түрлері XIX ғасырдың басында және ортасында ене бастады. Украинада кең таралған Қырым қарағайы, оңтүстік жайылмалы түрлерден мәдениетке енді [6].

Балқан түбегінен Украинаға кәдімгі жұпаргүл, атбас талшын, Серб шыршасы және Румелий қарағайы таралды. Солтүстік Америкалық ағаштекес түрлері XVIII ғасырда пайда болды. Ақ акация 1736 жылдан, шаған жапырақты үйеңкі мен пенсильвандық шаған — 1753 жылдан, катальпа 1737 жылдан бастап пайда бола бастады. Шығыстық туя Францияға қарағанда 200 жылға кеш келді. Солтүстік Америкалық түрлердің көбі Батыс Еуропадан келді, алайда кейбіреулері тікелей Америкадан келген [7].

Жер шарының климаттық жағдайлары ірі және кіші аудандарда қайталанатындықтан, әсем және тартымды өсімдіктерді бір облыстан екіншіге ауыстыру климаттық аналог теориясын қалыптастыруда негіз болды [8]. Палеоареалдарды және өсімдіктердің қазіргі заманғы ареалдарын салыстырмалы зерттеу әдісін белгілі кеңес ботанигі Е.В. Вульф (1933) әзірледі. Түрдің қазіргі таралу аймағы көбінесе бастапқы таралу аймағы мен түрдің даму тарихына байланысты және бұл өсімдіктердің интродукциясы кезінде көптеген міндеттерді шешуді жеңілдетеді. Түрдің пайда болуы кезінде оның таралу аймағы әртүрлі себептердің ықпалымен өзгереді — климаттың өзгеруі, экологиялық жағдайлар. Әсіресе, бұл қазіргі уақытта ареалы өзгерген өсімдіктерде байқалады. Бұл әдіс интродуцентті таңдау мүмкіндігін шектейді, өйткені өсімдіктердің аз бейімделуіне негізделеді.

Әдетте, жерсіндіру жұмысы екі кезеңге бөлінеді: өсімдік материалды таңдау мен оларды жаңа табиғи-климаттық жағдайларға ауыстыру. Климаттық аналогтар әдісін неміс орманшысы Генрих Майр ұсынды. Өсімдіктің отанында климаттық жағдайлардың барлық кешенін зерттеу және интродукция аймағында ұқсас климатты іздеу болып табылады. Өсімдіктерді ұқсас климаттық және экологиялық жағдайларға көшіру. Майр өсімдіктердің жерсіндіру қабілетін мойындамай, ол солтүстік жарты шардағы орман аймақтары үшін параллель климаттық аймақтар кестесін ұсынды. Алайда, климаттық жағдайлардың толық ұқсастығын орнату мүмкін емес. Ұқсас аймақтар өте кең және әртүрлі климаттық көрсеткіштердің тербеліс амплитудасы өте үлкен. Ассортиментті жоғары өнімді, шаруашылық-құнды экзоталармен байытудан тұратын мәселені аналогтар әдісімен шешу мүмкін емес. Бұл экологиялық жағдайлар бойынша ұқсас табиғи аймақтардың (фитоклиматтық аналогтардың) ішінен тек тұрақтылық, габитус, өнімділік, сәндік және басқа да қасиеттер бойынша зерттеу ауданының табиғи флорасының түрлерінен аз ерекшеленетін түрлерді ғана тартуға болатыны түсіндіріледі [9].

Интродукция сәтті өту үшін Майр келесі нұсқауларды сақтау керек деп есептеді:

– климаттық жағдайларды бағалау үшін метеорологиялық деректерді пайдалану қажет. Егер бұл мүмкін болмаса, осы ауданға тән мәдени өсімдіктер бойынша климатты салыстыру;

– салқын климатта піскен ағаш тұқымдары неғұрлым жылы климатқа көшкен кезде кеш көктемгі аяздың әсерінен зақымдалады. Ағаш тұқымдары жылы климаттан суық ортада ерте келе жатқан күзгі-қысқы аязға бейімделе алмауы мүмкін;

– экзотикалық таза өсімдіктерді үлкен топтармен отырғызған дұрыс;

– егер шетелдік тұқымдар жергілікті екіпелерді жақсарту үшін отырғызса, онда оларды тез өсетін ағаштар арасынан алу керек;

– интродукцияланған тұқымдар мұқият күтіліп, зиянкестер мен аурулардан қорғалу керек. Оларға толық, ұзақ мониторинг жүргізілуі керек болады.

Майр Еуропаның, Солтүстік Американың және Азияның климатын зерттеді, ұқсас климат тапты, аумақты аймақтарға бөлді, онда негізгі климаттық көрсеткіштер үлкен шектерде өзгерді.

Өсімдіктердің акклиматизациясы бойынша көп жұмыстарды ботаникалық бақтар, интродукциялық көшетжайлар мен басқа да ғылыми-зерттеу институттары жүргізеді, олардың міндеттеріне жергілікті және басқа жердің өсімдіктерін құрып, жаңа аудандарды мәдениетке енгізу жатады. Өсімдіктерді жерсіндіру кезінде табиғи ареалынан жаңа аудандарға түрлердің жақсы жаққа өзгеруі көрінеді, сонымен қатар, өнімділігі мен жеміс беруі жоғарылайды, қоршаған ортаның әртүрлі факторларына тұрақталады, аурулар мен зиянкестерге қарсы тұрады. Өсімдіктер интродукциясында карантиндік нормаларды сақтау қажет, себебі бір ауданнан екінші ауданға аурулар мен зиянкестер көшпеу, зақымдалмауы қажет екеніне назар аударылды [10].

Бай коллекционерлер әртүрлі уақытта өз жұмыстарын мемлекеттің әртүрлі аудандарында саябақтарды құрудан бастады. 1822 жылы Орлов облысында Сукачев балқарағайы, еуропалық балқарағай мен Сібірлік майқарағай сияқты экзоттарды өсіруде басталды. 1843 жылы далалық орман өсірушілік іс-шарасы басталды. Онда 100 ағаш-бұта түрлері тәжірибеге алынып, В.В. Докучаев, А.П. Костычев, А.А. Измаильский, Г.Н. Высоцкий, Г.Ф. Морозов және басқа да ғалымдар зерттеу жүргізді [11].

Өмір өсімдіктердің жиі табысты интродукциясына тіпті бастапқы мекендейтін аудан мен мәдениетте игерілген аудан климат жағдайлары арасында ұқсастығы болмаған кезде де қол жеткізетінін көрсетті. Алайда, егер экспериментаторларда интродукция нысандарын таңдаудың және оның перспективаларын алдын ала бағалаудың басқа деректері болмаса, онда мекендейтін табиғи жағдайлар кешенінің және мекендету ауданының ұқсастығы немесе айырмашылықтары назарға алынуы тиіс. Аналогияның болуы жұмыста табыс ықтималдығын айтарлықтай арттырады [12].

Шетелде көбінесе интродуценттерді сақтаудың ұқсас тәсілдері қолданылады. Өсімдікті қалпына келтіруге көп көңіл бөлінеді. Бұл әдістердің бірыңғай әдістемелік негіздемесі жоқ, бірақ баспасөзде табиғи қоғамдастықтарды сақтау, жаңа түрлердің инвазиясы мен интродукциясы жергілікті жағдайларға неғұрлым төзімді ретінде өсімдіктердің аборигендік түрлері өсу мәселелері туралы мәліметтер үнемі жарық көреді. Шетелдік ботаникалық бақтардың немесе одан аз көлемді алаңдарда жасанды ценоздар үлкен қызығушылық тудырады. Көп жағдайда өсімдіктер флористикалық сипатымен емес, экологиялық ұқсастығымен алынады, әдемі ландшафт қалыптастырғанымен, табиғи көрініс бермейді. Жалпы, бірінші жергілікті өсімдік қауымдастықтарын сақтау және өсімдіктердің жекелеген түрлері өткен ғасырдың 70-ші жылдарында Қазақстанда пайда бола бастады. Бұл дегеніміз кеңестік авторлар, кем дегенде, жиырма жылға басып озды [13].

Гүлденудің әсемдігінің, қысқы ауа райына беріктігінің, өсіруінің қарапайымдылығының арқасында жұпаргүлдер түрлерін жерсіндіру ең тиімді кандидаттардың бірі болып табылады. Амурлық жұпаргүл Молдовада, Қазақстанда, Қырғызстанда қысқа төзімді, жоғары температураларда құрғақшылықтан зардап шегіп, толық жапырақтарының түсуіне әкеліп соғады. Жалпы, бүгінгі күндерде де интродукция мәселесі республикамызда маңыздылығын жойған жоқ [14].

Алматыда Бас ботаникалық бақта жұпаргүл коллекцияларын құру 1945 жылдан басталған. Л.А. Колесниковтың қатысуымен 44 сорт алынған. Отандық сорттар (Л. Рубцов, В. Жоголева мен Н. Ляпунова, Н. Смольский мен В. Бибилова, Н. Вехова, С. Лаврова, П. Упитистың селекциялары) Киевтің, Минскінің ботаникалық бағынан әкелінген. Жұпаргүл сорттарын зерттеп, баға берген, көбейтуге арналғандарын таңдап алынды деген мәлімет бар. Қазіргі таңда жұпаргүлдердің сорттары арасында 296 сорт кәдімгі жұпаргүл (*Syringa vulgaris*), 31 сорт ерте гибридтер (*S. hyacinthiflora*) және 14 сорт кеш гибридтер (*S. prestoniae*) өсетіні белгілі [15; 10]. Біз ұсынып отырған зерттеудің мақсаты Қазақстанға Қытайдан жерсіндіруге әкелген 4 түрлі жұпаргүл бұталарына биологиялық және экологиялық мониторинг жүргізу. Осы мақсатты іске асыру үшін негізгі міндеттер қойылды:

1. Жерсіндірілген бұталардың фенологиясын бақылау.
2. Өсімдіктердің таксациялық көрсеткіштерін талдау.
3. Зерттелінетін бұталардың жапырақ пластинасының морфологиялық параметрлерін бағалап, олардың фотосинтетикалық белсенділігін анықтау.
4. Зерттелінетін өсімдіктердің жапырақтарында ауыр металдардың мөлшерін белгілеу.

Материалдар мен әдістер

Зерттеулер Ақмола облысының «Ақкөл» Орман шаруашылық мемлекеттік мекемесінің орман көшетжайы (питомнигі) негізінде 2018–2019 ж. орындалды. Оның ауданы 52 га, Ақкөл темір жолы станциясынан 12 км қашықтықта орналасқан. Тәлімбақта шырша, қарағай, теректер, талдар, шағандар мен жұпаргүлдер сияқты ағаштар мен бұталар өседі, олардың барлығы Ақмола облысындағы ағаштар мен бұталардың ассортиментін көбейту мақсатында орындалып жатыр. Тәлімбақта 2015 жылы Қытаймен бірлескен жоба бойынша ағаштар мен көшеттер отырғызылып, олар бақылану үстінде. Зерттеу нысаны ретінде зерттеу жүргізілетін өсімдіктер тобы: Амур жұпаргүлі (*Syringa amurensis*), Облата жұпаргүлі (*Syringa oblata*), Үлпек жұпаргүлі (*Syringa pubescens*), Пекин жұпаргүлі (*Syringa pekinensis* Rupr).

Зерттеліп жатқан түрлердің фенологиялық кезеңдік дамуының орташа күндері, бүршік атуы, жапырақтардың шығуы, жаппай гүлдеу уақыты, жемістердің пайда болуы, жапырақтардың түсуі, соңында вегетация кезеңінің ұзақтығы анықталады [16]. Бұталардың жапырақтарында биохимиялық белсенділігін бағалау үшін әрқайсысының жапырақ пластинасының үлкен, кіші және орташа жапырақтарынан 10 дана алынып, хлорофил мөлшері MINI-PAM II құрылғысы арқылы зерттелді. Жерсіндірілген ағаштардың жапырақтарында ПАМ флуориметрі арқылы фотосистеманың биохимиялық белсенділігінің динамикасы бағаланды [17; 2–4]. Жапырақ пластинасының биоморфологиялық көрсеткіштерін анықтау үшін әр ағаштың үстіңгі ортаңғы, шеткі бөліктеріндегі жақсы дамыған 10 дана жапырақтары алынды. Жапырақ пластинасының ені мен ұзындығының нақтылығы 1 мм дейінгі сызғышпен анықталды. Бұнда $n=10$ саны болғандағы Стьюдент нақтылық критерий $t>3$ және тәжірибе нақтылығы 5% шегінде болғандағы алдын ала есептеулермен жасалынды. Алынған мәліметтер орташа арифметикалық мәні мен вариация коэффициенті статистикалық өңдеу арқылы есептелінді [18; 21]. Жапырақ құрамындағы ауыр металдар атомды-абсорбциялық спектрометрі «КВАНТ ЗЭТА» арқылы анықталды [19;]. Мәліметтердің статистикалық өңдеуін «Microsoft Excel 2010» бағдарламасында мәліметтерді анализдеу стандартты пакеті арқылы жүргізілді.

Нәтижелер және оларды талдау

Нұр-Сұлтан қаласының айналасында тұрақты сапалы рекреациялық аумақ қалыптастыру көп жылдардан бері басталған. Осы мақсатпен Қытай мемлекетінен 30-дан астам ағаштар мен бұталар түрлері 2015 жылдан бері жерсіндіріле бастаған. Интродукциялауға алынған бұталар бірнеше ерекшеліктерімен сипатталады.

Амурлық жұпаргүл (*Syringa amurensis*) табиғи жағдайда Қытайдың шығыс облыстары мен Кореяда таралған. Таулы беткейлерде және су қоймалардың жағаларында, тамыры дамыған, жақсы өседі. Биіктігі 20 м-ге дейін жетеді. Діңі қара сұр, Жапырақтары 5–11 см, жасыл, эллипс тәрізді. Сүректері ақ, қатты, ауыр болып келеді.

Келесі бұта — Облата жұпаргүлі (*Syringa oblata*). Биіктігі 2–3 м болатын бұта немесе ағаш. Бөрікбасы шар тәрізді, бұтақтары шашыраңқы, қатты. Жапырақтары 6–8 см, сәуір мен мамыр айларында гүлдейді. Тамыз-қыркүйек айларында жеміс береді.

Үлпек жұпаргүлі (*Syringa pubescens*) биіктігі 2 м-ге дейінгі бұта. Бұтақтары жіңішке. Жапырақтары жұмыртқа тәрізді, түсі қоңыр жасыл. Мамыр айында гүлдейді, кәдімгі жұпаргүлмен салыстырғанда 2 аптаға ерте гүлдейді және 2 апта бойы гүлдейді.

Пекин жұпаргүлі (*Syringa pekinensis* Rupr) Солтүстік Қытайда өседі. Орташа биіктікті әдемі бұта, ағаштарға ұқсас, биіктігі 5 м-ге дейін. Бөрікбасы жалпақ жайылған, діңі сұр, тілімделген. Жапырақтарының ұзындығы 5–10 см, жұмыртқа тәрізді, 15 күндей гүлдейді, маусымның бірінші декадасынан басталады. Қыркүйек-қазан айларында жеміс береді. -30°C-қа дейінгі аязға төзімді.

Зерттелген жұпаргүлдерге ерте көктемнен күздің соңына дейін бақылау жүргізілді, ол жерсіндірілген өсімдіктер фенологиясын жүргізуде және вегетация күндерінің санын анықтауда үлкен рөл атқарады. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі бойынша төмендегі 1-кестеде әр жұпаргүл түрінің вегетациялық мерзімдері көрсетілген.

Зерттелген *Syringa* түрлерінің фенологиялық көрсеткіштері

| № | Нысандардың атауы | Бүр шығуы | Жапырақ шығуы | Гүлдеуі | Жапырақ түсуі | Вегетация ұзақтығы, күн |
|---|--------------------------------|-----------|---------------|------------|---------------|-------------------------|
| 1 | <i>Syringa amurënsis</i> | 16.05 | 23.05 | - | 10.10 | 179 |
| 2 | <i>Syringa oblata</i> | 16.05 | 22.05 | 3.06 | 8.10 | 177 |
| 3 | <i>Syringa pubescens</i> | 15.05 | 25.05 | 3.06–10.06 | 10.10 | 178 |
| 4 | <i>Syringa pekinensis</i> Rupr | 18.05 | 25.05 | - | 15.10 | 182 |

1-кестенің мәліметтері бойынша, ең ерте бүр жарған *Syringa pubescens*, ал кештеу шыққан *Syringa pekinensis* Rupr. Жалпы ең ұзақ вегетациялық кезең *Syringa pekinensis* Rupr-ге (182 тәулік) тән екені байқалды. Фенологиялық байқауларда бұталар бүршік атқаннан бастап бақылауға алынды. Әр жұпаргүлдің жапырағы әртүрлі уақытта шығады, жапырақ түсуі де әртүрлі. Сондықтан, мониторинг нәтижесіндегі жағдай *Syringa oblata*, *S. pubescens* декоративтік маңыздылығының бір шама жоғарылау екенін көрсетті. Себебі, олардың гүлдеу кезеңдері тіркелген. Жұпаргүлдердің вегетациялық кезеңдеріндегі 2–5 күндік айырмашылық аса маңызды емес деп есептеуге тұрады.

Бұталардың таксациялық параметрлеріне тоқталсақ, олардың орташа мәндері 2-кестеде көрсетілген.

Бұталардың таксациялық-биометриялық көрсеткіштері, 2018 ж.

| № | Нысан атауы | Орташа биіктігі, (м) | Орташа диаметрі (см) | Өсіп тұрғаны (дана/%) | Өспей қалғаны (дана/%) | Жалпы саны, дана |
|---|--------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| 1 | <i>Syringa amurënsis</i> | 0,41 | 0,8 | 19/50,0 | 19/50,0 | 38 |
| 2 | <i>Syringa oblata</i> | 0,54 | 1,2 | 76/86,4 | 12/13,6 | 88 |
| 3 | <i>Syringa pubescens</i> | 0,3 | 0,8 | 20/23,3 | 66/76,7 | 86 |
| 4 | <i>Syringa pekinensis</i> Rupr | 0,9 | 0,7 | 33/71,7 | 13/28,3 | 46 |

Таксациялық-биометриялық көрсеткіштеріне байланысты екі жылдан астам уақытта қарқынды бейімделген жұпаргүлділер түрлері: *Syringa amurënsis*, *S. oblata*, *S. pekinensis* Rupr. Зерттеу нысандардың ішінде *Syringa pubescens* ең нәзік екендігін көрсетті. 86 данадан 20 данасы ғана (23,3 %) өсіп тұр. Зерттелген өсімдіктердің таксациялық көрсеткіштері жерсіндірілгендегі олардың жағдайларын айқын дәлелдейді.

Адам айналасындағы қоршаған ортаның сапасын жақсарту үшін көгалдандыру тәсілдері ертеден кең қолданылған. Осындай декоративтік-ландшафтық дизайнда жұпаргүл өсімдіктерінің орны ерекше. Оларды әдетте тұқым, сабақ арқылы көбейтеді. Әрбір жаңа ортада олардың ағзаларында бейімделу механизмдері реттеледі. Жерсіндірген нысандарда өзгерістер пайда болуы мүмкін, кейбіреулерінде өзгерістер байқалмайды. Осындай жағдайда организмдердің ішкі құрылысындағы ауытқуларды белгілеу үшін өте сезімтал әдістердің рөлі маңызды. Ғылыми-зерттеу практикада өсімдіктердің физиолого-биохимиялық жайын фотосинтез құбылысының қарқынды өтуінің мониторингісі жүргізіледі. Әдетте, флуориметр бойынша анықтау әдісі фотосинтез процесінің әртүрлі параметрлерін бағалау үшін қолданылады. Ең көп таралған параметрлердің бірі хлорофилл көрсеткіштері. Көптеген фотосинтетикалық организмдерде жарықтың квант энергиясы бірегей пигментті — хлорофилде сіңіріледі. Фотосинтез процесінің кез келген өзгерісі хлорофилдің флуоресценциясына әсер етеді. Сондықтан, өсімдіктердің фотосинтетикалық аппараттарының тиімділігін бағалаудағы ыңғайлы тетігі — MINI-PAM флуориметрімен флуоресценция құбылысының мөлшерін өлшеу [20, 21]. Біздің бақылауларымыз бүтін жапырақтарда 1-суретте көрсетілгендей жүргізілген. Walz флуориметрі фотосинтетикалық процестер тұтас өсімдіктер, жеке жапырақтары, қылқандар, мүк, сондай-ақ жеке клеткалар және тіпті органеллалар (хлоропласттар) туралы толық ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Бақылауда негізгі анықтайтын параметр — ол эффективті фотохимиялық кванттың шығуын анықтау. Бар алынған жапырақтар көлеміне қарай үш топқа бөлінді: үлкен, орташа, кіші. Эксперимент нәтижелері кесте мен суретте көрсетілген (3-кесте, 1-сурет).

Ағаштардың жапырағындағы хлорофилл концентрациясы, мкг/г

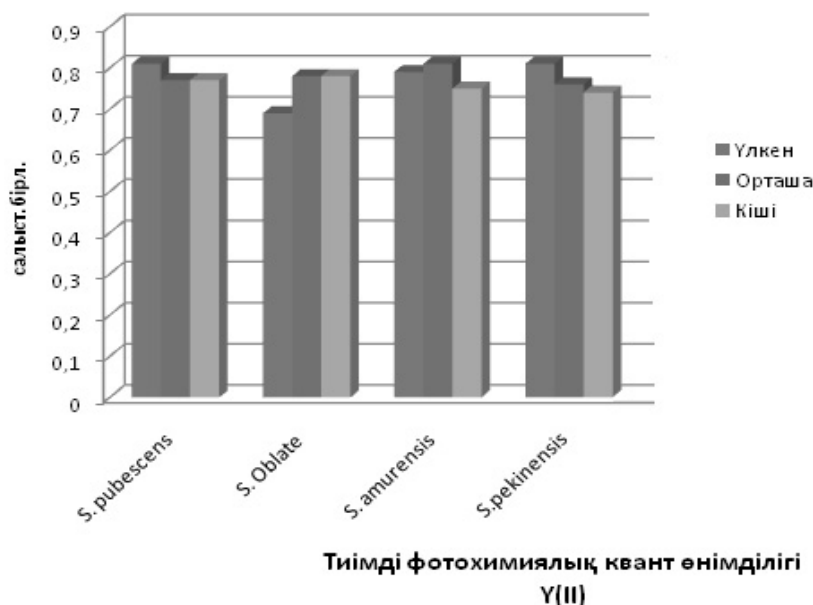
| № | Ағаш түрлері | Жапырақтар көлемі | | | Жалпы, дм ² |
|---|--------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | Үлкен, дм ² | Орташа, дм ² | Кіші, дм ² | |
| 1 | <i>Syringa amurensis</i> | 0,79±0,04 | 0,81±0,06 | 0,75±0,01 | 0,78±0,04 |
| 2 | <i>Syringa oblata</i> | 0,68±0,07 | 0,78±0,03 | 0,78±0,02 | 0,75±0,04 |
| 3 | <i>Syringa pubescens</i> | 0,81±0,06 | 0,76±0,01 | 0,77±0,01 | 0,78±0,03 |
| 4 | <i>Syringa pekinensis</i> Rupr | 0,81±0,06 | 0,76±0,01 | 0,74±0,02 | 0,78±0,03 |

Төменде көрсетілген графиктерде орташа арифметикалық мәндері және стандартты орташа кателігі көрсетілген. Фотосинтетикалық аппараттың жұмысының тиімділігін бағалау үшін электронды тасымалдау процесінде фотосистемаларды құрайтын хлорофилл молекулаларының қозғау энергиясы қандай бөлігін пайдаланатынын білу маңызды.



Сурет 1. Морфометриялық зерттеуге және флуориметр арқылы анықтауға алынған жапырақтар үлгілері

Әр жұпаргүл түрінің жапырақтарын үлкен, орташа, кіші деп бөлгеннен кейін олардың әрқайсысының тиімді фотохимиялық кванттық шығуы MINI-РАМ II құрылғысы арқылы анықталды. 3-кесте бойынша хлорофилл концентрациясы *Syringa oblata* кіші және орташа көлемдегі жапырақтарында біркелкі болып, $Y(II)$ 0,78 мкг/г, ал үлкен жапырақтарында 0,68 дм² болып шықты. Яғни, бұл жерден көріп отырғанымыздай, фотохимиялық квант күшінің шығуы майдалау жапырақтарда басым. Төменгі диаграммада бұталардың фотохимиялық өнімділігінің барлық күйі көрсетілген (2-сурет).



Сурет 2. Нысандардың түрлі жапырақтарындағы хлорофилл мөлшері, мкг/г

Осы суретте көріп отырғанымыздай, жапырақтардың ең тиімді фотохимиялық квант өнімділігі жұпаргүлдердің үш түрінде біршама ұқсас болып анықталған. Осы диаграмма бойынша төмен көрсеткіш *Syringa oblata* тіркелген. Тек, *Syringa pubescens* пен *S. pekinensis* Rupr неғұрлым жапырақтары ірі болса, соғұрлым фотохимиялық белсенділік әлдеқайда жоғарылау. Эксперимент барысында байқағанымыз, жерсіндіруге алынған бұталар организміндегі фотосинтез құбылысы өзгерген ортаға тәуелді. Мысалы, басқа жұпаргүлдермен салыстырғанда *Syringa oblata* ауырсынып, оның физиологиялық-биохимиялық процестерінің деңгейі біршама төмен екені көрсетілген. Жалпы хлорофилл мөлшерінің жапырақтарындағы айырмашылығы 0,03 мкг/г. *Syringa oblata*-дан басқа жұпаргүлділерде зерттелген құбылыстар ұқсас болып шықты, себебі, хлорофилл мөлшерінің жапырақтарындағы айырмашылығы байқалмады, осы көрсеткіш 0,78 мкг/г-ға тең. Қорытындылайтын болсақ, фотосинтетикалық белсенділігі төмен түр, ол Облата жұпаргүлі болып саналды. Фотохимиялық белсенділіктің анализінен байқалғаны, жұпаргүлдердің жапырақтарында фотосинтез интенсивтілігі олардың көлеміне байланысты емес екенін дәлелдеді. Ақмола облысында жерсіндірілген жұпаргүлдердің жапырақтарындағы адаптациялық құбылыстар әрқалай екені анықталды. Хлорофилдер қозуы, яғни ол кезде фотосистеманың реакциялық орталықтарының күйі осы өсімдік түрлерінің физиологиялық-биохимиялық процестерінің индикаторлық көрсеткіші болады деп айтуға дәлел бар екені көрсетілді. Бұл хлорофилдерді фотохимиялық энергияны айналдыруға дайын деген мағына береді. Осылайша, зерттелінетін жұпаргүлдердің жапырақтарында биохимиялық талдау жүргізіп, оң баға береміз.

Жаһандық экологиялық мәселелердің арасында алғашқы орынды алып жатқан қоршаған ортаның поллютанттармен ластануы. Олардың шығу тегі мен химиялық табиғаты әртүрлі, бірақ олардың арасындағы ерекше орынды ауыр металдар алып жатыр, антропогендік қызметтің нәтижесінде атмосфераға жалпы санының 60 %-дан астамы, ал қорғасын, кадмий, никель және т.б. ауаға 90–99 %-ы түседі. Сондықтан, соңғы жылдарда ауыр металдардың таралуы мен олардың өсімдіктермен аккумуляциясын зерттеу дамып жатыр.

Атқарылған зерттеу жұмыстары өсімдіктердің жапырақтарында кадмий (Cd) мөлшері 0,05-тен 2,58 мкг/г-ға дейін, қорғасын (Pb) 1,06-дан 6,17 мкг/г, мырыш (Zn) 22,76-тен 28,93- мкг/г-ға дейін, мыс (Cu) 125,19-тен 1117,01-ке дейін ауытқиды, ал темір (Fe) 765,16-тен 3833,69 мкг/г арасындағы мөлшерді көрсетеді. Ауыр металдардың ошақтары 12 км жерде орналасқан, осы қашықтықта темір жол салынған. Жерсіндірілген жұпаргүлдердің ауыр металдармен ластану себебі, темір жол көлігінің шаң-тозаңының жел арқылы түсуі мүмкін. 4 кестедегі көрсеткіштердегі шыққан айырмашылықтар ассимиляциялаушы органдардың металдарды сіңіру интенсивтілігі мен таңдау қабілеттілігі өсімдіктердің өздік қасиеттерімен (бөрікбасы архитектурасы, жапырақ пішіні), ластану қасиеті (бөлшектердің концентрациясы) және табиғи орта жағдайымен (ауа температурасы, жарықтың болуы, ылғал) анықталады. Кестеде ауыр металдардың шекті рұқсат етілген және анықталған концентрациясының диапазоны келтірілген.

К е с т е 4

Жұпаргүлдердің жапырақтарындағы ауыр металдардың мөлшері, (мкг/г)

| № | Ағаш атауы | Cd | Pb | Cu | Fe | Zn |
|---|------------------------------------|----------|----------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | <i>Syringa amurensis</i> | 2,58±0,2 | 6,17±0,1 | 125,19±0,8 | 3833,69±0,8 | 28,06±0,4 |
| 2 | <i>Syringa oblata</i> | 0,05±0,1 | 1,53±0,4 | 1117,01±0,7 | 1549,79±0,4 | 28,93±0,1 |
| 3 | <i>Syringa pubescens</i> | 0,10±0,1 | 1,06±0,5 | 630,83±0,8 | 765,16±0,4 | 22,76±2,8 |
| 4 | <i>Syringa pekinensis</i> Rupr | 0,10±0,1 | 1,07±0,1 | 534,62±0,4 | 926,38±0,4 | 24,63±1,3 |
| | Шектеулі рауалы концентрация (ШПК) | 1,0 | 30,0 | 1000,0 | 300,0 | 1000,0 |

Зерттелген бұталардың арасында ең үлкен айырмашылықтар кадмийдың Амур жұпаргүлі жапырағында ШПК көрсеткіштеріне қарағанда 2,5 есеге жоғары болып отыр. Қорғасын концентрациясы тағы да Амур жұпаргүлінде жоғары көрсеткішке ие екенін көрсетеді, ол басқа зерттелген түрлерге қарағанда біршама жоғары болып отыр. Зерттелген өсімдіктерде мыс мөлшері Облата жұпаргүлінде ШПК жоғары екенін көрсетті. Темір өте жоғары деңгейде Амур жұпаргүлінде жинақталып (3833,69 мкг/г), ШПК-дан 13 есе артады. Мырыш мөлшері барлық зерттеу өсімдіктерінде бірдей деп айтуға болады және олардың көрсеткіштері ШПК-дан аспайды. Атомдық-абсорбциялық нәтижелерді салыстыратын болсақ, шекті рұқсат етілген концентрациядан Cu және Fe жұпаргүл

жапырақтары өте көп жинайтыны байқалды. Ал, кадмий мен қорғасынға Амур жұпаргүлі төзімсіз болып шықты. Алынған нәтижелер өсімдіктердің кейбір түрлерінің ауыр металдардың жинақталуы бойынша ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Осылайша, аккумуляциялық қасиеті жоғары Амур жұпаргүлі, себебі ол ең улы ауыр металдарды интенсивті сіңіретінін байқатты.

Қорытынды

Жасалған зерттеу жұмыстарын негіздей отырып, мынадай қорытынды жасалды:

1. Ақмола облысы «Ақкөл» орман тәлімбағында бүгінгі күні декоративті ағаштар мен бұталардың ассортименті аз екені анықталды. Осы тәлімбақта Қытайдан әкелінген бұталардың арасында жұпаргүлдердің 4 түрі жерсіндіруге арналған.

2. «Ақкөл» орман тәлімбағында зерттелгендердің арасында Амур жұпаргүлі (*Syringa amurensis*), Облата жұпаргүлі (*Syringa oblata*), Үлпек жұпаргүлі (*Syringa pubescens*), Пекин жұпаргүлі (*Syringa pekinensis Rupr*) өседі және олардың таксациялық көрсеткіштері 50,0; 86,4; 23,3; 71,7 % құрайды. Осы түрлердің ішінде Ақмола облысындағы аумақта бейімделуі жоғарысы Облата (86,4 %) және Пекин (71,7 %) жұпаргүлдері.

3. Әр жұпаргүл түрінің жапырақтарының ұзындығы және ені бойынша нақтылығы алынып, 5 % -дан аспайтындығы белгілі болды. Бұл жерсіндірілген бұталардың көбісіне (Үлпек жұпаргүлден басқасылар) осы жердің климаты жақсы әсер етеді және бірқалыпты түрде өсіп жатқандығын көрсетеді.

4. Зерттеулерге сүйене отырып, өсімдіктердегі фотосинтездің белсенділігі анықталды. Фотосинтетикалық белсенділігі бұталардың жапырақтарында Облата жұпаргүлінде (0,75 мкг/г) біршама төмен тұр. Ал, фотосинтездің деңгейі басқа жұпаргүлдердің үшеуінде де жоғарылау (0,78 мкг/г). Осылайша, зерттелген жұпаргүлдердің жапырақтарында биохимиялық талдау жүргізіп, оң баға берілді.

5. Зерттелген *Syringea* түрлерінде ауыр металдардың жапырақ пластинасында жинақталу мөлшері анықталды. Зерттелген бұталардың арасында кадмий, қорғасын Амур жұпаргүлі жапырағында басқа ағаштардың көрсеткіштеріне қарағанда 2,5 есеге дейін жоғары болды. Мыс мөлшері Облата жұпаргүлінде шектеулі рауалы концентрациядан жоғары екенін көрсетті. Темір өте жоғары деңгейде Амур жұпаргүлінде жинақталып (3833,69 мкг/г), ШРК-дан 13 есе артады. Мырыш мөлшері барлық зерттеу өсімдіктерінде бірдей және олардың көрсеткіштері ШРК-дан аспайды. Шекті рұқсат етілген концентрациядан Си және Fe жұпаргүл жапырақтары өте көп жинайтыны байқалды. Аккумуляциялық қасиеті жоғары Амур жұпаргүлі, себебі ол ең улы ауыр металдарды интенсивті сіңіретінін байқатты. Қорытындылай келе, ауыр металдар әр өсімдік түрінде әртүрлі концентрацияда жинақталады.

Жалпы, Ақмола облысында, Нұр-Сұлтан қаласының айналасында жерсіндірілген жұпаргүлдердің жапырақтарындағы адаптациялық құбылыстар әрқалай екені анықталды. Өсімдіктерді жерсіндіру мәдени шаруашылыққа құнды түрлерді енгізуде үлкен маңызы бар. Бұл мәселені әсерлі етіп шешу кешенді түрде интродуценттерді жаңа табиғи-климаттық жағдайда бақылауда мүмкін бола алады. Осы негізде жерсіндіру аумағында өсіру үшін перспективті түрлер мен пішіндердің жерсінуге тұрақтылығын бағалау мен іріктеп алу жүзеге асты.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Иванов С.А. Итоги первого года интродукции древесных растений на экспериментальных площадках в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа / С.А. Иванов, А.А. Егоров, П.С. Кириллов, Л.А. Трофимук // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы V Междунар. науч. конф. — Томск, 2015. — С. 293, 294.
- 2 De-Candolle Alph. Geographie botanique raisonnee. Paris, 1855. — Vol. 1, 2. — P. 115–125.
- 3 Гурский А.В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР / А.В. Гурский. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1957. — 304 с.
- 4 Базилевская Н.А. Теории и методы интродукции растений / Н.А. Базилевская. — М.: Изд-во МГУ, 1964. — 131 с.
- 5 Ворошилов В.Н. Привлечение растений природной флоры СССР в интродукцию / В.Н. Ворошилов, Е.Е. Гогина, Р.А. Карпионова, Н.В. Трулевич // Успехи интродукции растений. — М.: Наука, 1973. — С. 27–42.
- 6 Лапин П.И. Интродукция древесных растений в средней полосе Европейской части СССР (научные основы, методы и результаты) / П.И. Лапин. — Л.: ВИР, 1974. — 135 с.
- 7 Терещенко С.И. Интродукция и перспективы использования сирени Амурской в зеленом строительстве на юго-востоке Украины / С.И. Терещенко // Промышленная ботаника. — 2007. — Вып. 7. — С. 57–62.

- 8 Хамадиева Ф.Х. Виды рода *Syringa* L., интродуцированные Ботаническим садом АН УзССР // Дендрология Узбекистана. — Вып. 4. — Ташкент: Фан, 1975. — С. 91–176.
- 9 Маур Н.В. *Waldbau auf naturgeschichtlicher Grundlage*. 2 Aufl / Н.В. Маурю — Berlin, 1909. — Vol. 2. — P. 315–340.
- 10 Dorner J. An introduction to using native plants in restoration projects / J. Dorner. — Washington: EPA, 2002. — 66 p.
- 11 Ramula S. Plant communities and the reproductive success of native plants after the invasion of an ornamental herb / S. Ramula, K. Pihlaja // *Biological Invasions*. — 2012. — Vol. 14, Iss. 10. — P. 2079–2090.
- 12 Montserrat V. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems / V. Montserrat // *Ecology Letters*. — 2011. — Vol. 14, Iss. 7. — P. 702–708.
- 13 Чеботько Н.К. Коллекция древесно-кустарниковых растений в арборетуме Казахского НИИ лесного хозяйства / К. Чеботько, С.В. Маловик // *Междунар. науч.-исслед. журн.* — 2012. — № 6. — С. 29–31.
- 14 Butumbayeva M.K. Evaluation of successful introduction of plants from *Lamiaceae* family in the conditions of the Karaganda and Zhezkazgan cities / M.K. Butumbayeva, M.M. Silantyeva // *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology, Medicine, Geography*. — 2020. — № 4 (100). — P. 16–22.
- 15 Пенкина И.Г. Интродукция сирени в Чуйскую долину: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Г. Пенкина. — Алма-Ата, 1988. — 17 с.
- 16 Малаховец П.М. Декоративные деревья и кустарники на Севере / П.М. Малаховец, В.А. Тисова. — Архангельск, 2002. — 127 с.
- 17 Журикова Е.М. ПАМ-флуориметрия: метод. рук. для шк. молодых ученых Междунар. конф. ИФПБ РАН / Е.М. Журикова. — Пушкино, 2016. — С 2–4.
- 18 Арестова С.В. Оценка адаптации интродуцированных древесно-кустарниковых растений в условиях Саратовского Поволжья: метод. реком. / С.В. Арестова, Е.А. Арестова. — Саратов: ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока», 2017. — 28 с.
- 19 Методика определения металлов в растениях. — М., 1991. — С. 122–168.
- 20 Porcar-Castell A. Linking chlorophyll a fluorescence to photosynthesis for remote sensing applications: Mechanisms and challenges / A. Porcar-Castell, E. Tyystjarvi, J. Atherton, C. Van Der Tol, J. Flexas, E.E. Pfindel, J. Moreno, C. Frankenberg, J.A. Berry // *J. Exp. Bot.* — 2014. — Vol. 65, No.15. — P. 4065–4095.
- 21 Murchie E.H. Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications / E.A. Murchie, T. Lawson // *J. Exp. Bot.* — 2013. — Vol. 64, No.13. — P. 3983–3998.

Г.С. Айдарханова, Б.С. Имашева

Интродукция видов сиреней в условиях Акмолинской области

В статье рассмотрены вопросы мониторинга видов сиреней, которые могут быть интродуцированы среди зеленых насаждений Акмолинской области и городов Центрального Казахстана. Представлены данные по биоразнообразию древесных растений и кустарников, перспективных для озеленения урботерриторий, опубликована краткая история их интродукции. В ходе исследования авторами предложены методология мониторинга видов сиреней, отобранных для интродукции из Китая и высаженных в 2015 г. (сирень Амурская (*Syringa amurensis*), сирень Облата (*S. oblata*), сирень Пушистая (*S. pubescens*), сирень Пекинская (*S. pekinensis*). Степень их приживаемости составила 50,0; 86,4; 23,3 и 71,7 %. Среди этих видов к лету 2019 г. в наибольшей степени адаптировались на территории Акмолинской области сирень Облата (86,4 %) и сирень Пекинская (71,7 %). Для оценки интенсивности физиолого-биохимических показателей у интродуцированных растений определяли активность фотосинтеза. Существенно меньшая фотосинтетическая активность наблюдалась у сирени Облата (0,75 мкг/г) и повышенная у всех трех сортов сирени (0,78 мкг/г). Среди тяжелых металлов у исследованных видов содержание кадмия и свинца в листьях сирени Амурской было до 2,5 раз выше, чем у других. В листьях сирени Амурской накапливается очень высокий уровень железа (3833,69 мкг/г), что в 13 раз превышает ПДК. Количество меди в листьях сирени Облата в 1,1 раза выше ПДК. Количество цинка примерно одинаково во всех исследованных пробах растений, значения не превышают ПДК. Замечено, что в листьях сирени Cu и Fe накапливаются больше, чем допустимо по ПДК. Сирень Амурская обладает высокими аккумуляционными свойствами, так как она интенсивно поглощает наиболее токсичные тяжелые металлы. В результате исследований показано, что тяжелые металлы встречаются в разных концентрациях у каждого вида сиреней. Аккумуляция тяжелых металлов в растениях сирени происходит избирательно в зависимости от видовой принадлежности интродуцированных растений.

Ключевые слова: Акмолинская область, сирень, виды *Syringa*, интродукция, мониторинг, таксация, листья, фотосинтез, тяжелые металлы.

Introduction of *Syringa* species in Akmola region

The article discusses the issues of monitoring of the lilacs species (*Syringa*) that could be introduced in the green spaces of the Akmola region and the cities of Central Kazakhstan. This study presents the data on the biodiversity of perspective tree species and shrubs that could be used for landscaping of urban areas; a brief history of their introduction is published. In the course of the study, the authors proposed a methodology for monitoring lilac species selected for introduction from the Republic of China that were planted in 2015 (Amur lilac (*Syringa amurensis*), oblata lilac (*S. oblata*), fluffy lilac (*S. pubescens*), Beijing lilac (*S. pekinensis*)). Their seedling survival were 50.0 %; 86.4 %; 23.3 %; 71.7 %. Among these species, *S. oblata* (86.4 %) and *S. pekinensis* (71.7 %) were the most adapted on the territory of the Akmola region by the summer of 2019. The activity of photosynthesis was determined as an assessment for the intensity of physiological and biochemical parameters in introduced plants. Significantly lower photosynthetic activity was detected in *S. oblata* (0.75 $\mu\text{g} / \text{g}$); however, it was increased in all three species of lilacs (0.78 $\mu\text{g} / \text{g}$). Measuring heavy metal content in studied species, we detected up to 2.5 times higher concentration of cadmium and lead in the leaves of *S. amurensis* comparing to others. Amur lilac accumulates a very high level of iron (3833.69 $\mu\text{g} / \text{g}$), which is 13 times higher than the maximum permitted concentration (MPC). The concentration of copper in the leaves of *S. oblata* is 1.1 times higher than the MPC. The amount of zinc is approximately the same in all studied plant samples and the values do not exceed the MPC. It was observed that Cu and Fe accumulate in lilac leaves more than permitted according to MPC. *S. amurensis* has high accumulating properties, as it has been shown that it intensively absorbs the most toxic heavy metals. According to research findings, it has been shown that heavy metals accumulate in different concentrations in each species of lilac. The accumulation of heavy metals in lilac plants occurs selectively, depending on the species.

Keywords: Akmola region, lilac, Syringea species, introduction, surveillance, inventory, leaves, photosynthesis, heavy metals.

References

- 1 Ivanov, S.A., Egorov, A.A., Kirillov, P.S. & Trofimchuk, L.A. (2015). Itogi pervogo goda introdutsii drevesnykh rastenii na eksperimentalnykh ploshchadkakh v usloviakh Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Results of the first year of introduction of woody plants at experimental sites in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. *Problems of study of vegetative cover on experimental sites of Yamal-Nenez Region: Materialy V Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii — materials of Int Sci Conf.* Tomsk [in Russian].
- 2 De-Candolle, Alph. (1855). *Geographie botanique raisonnee*. Paris, 1, 2; 115–125 [in French].
- 3 Gurski, A.V. (1957). *Osnovnye itogi introdutsii drevesnykh rastenii v SSSR [The basic results of introduction woody plants in USSR]*. Moscow—Leningrad: Publ. AS USSR [in Russian].
- 4 Bazilevskaia, N.A. (1964). *Teorii i metody introdutsii rastenii [Theory and methodology of plant introduction]*. Moscow: Izdatelstvo Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta [in Russian].
- 5 Voroshilov, N., Gogina, E.E., Karpisonova, P.A. & Trulevich, N.V. (1973). Privlechenie rastenii prirodnoi flory SSSR v introdutsiiu [Attracting plants of the natural flora of the USSR to the introduction]. *Uspekhi introdutsii rastenii — Success of plant introduction*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 6 Lapin, P.I. (1974). *Introduktsiia drevesnykh rastenii v srednei polose Evropeiskoi chasti SSSR (nauchnye osnovy, metody i rezultaty) [Introduction of woody plants in the middle zone of the European part of the USSR (scientific foundations, methods and results)]*. Leningrad: All-Russian Institute of Plant [in Russian].
- 7 Tereschenko, S.I. (2007). Introduktsiia i perspektivy ispolzovaniia sireni v zelenom stroitelstve na Yugo-vostoke Ukrainy [Introduction and prospects for the use of Amur lilac in green construction in southeastern Ukraine]. *Promyshlennaiia botanika — Industrial Botany*, 7; 57–62 [in Russian].
- 8 Khamadiyeva, F.Kh. (1975). Vidy roda *Syringa* L., inrtodutsirovannyye Botanicheskim sadom AN UzSSR [Species of the genus *Syringa* L. introduced by the Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR]. *Dendrologiia Uzbekistana — Dendrology of Uzbekistan*, 4; 91–176 [in Russian].
- 9 Mayr, H.W. (1909). *Waldbau auf naturgeschichtlicher Grundage. 2 Aufl Berlin*, 2; 315–340 [in German].
- 10 Dorner, J. (2002). *An introduction to using native plants in restoration projects*. Washington: EPA.
- 11 Ramula, S. & Pihlaja, K. (2012). Plant communities and the reproductive success of native plants after the invasion of an ornamental herb. *Biological Invasions*, 14(10); 2079–2090.
- 12 Montserrat, V. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, 14 (7); 702–708.
- 13 Chebotko, N.K. & Malovik, S.V. (2012). Kolleksiia drevesno-kustarnikovykh rastenii v arboretume Kazakhskogo NII lesnogo khoziaistva [Collection of wood-shrub plants in the arboretum of the Kazakh Research Institute of Forestry]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal — International scientific-research journal*, 6; 29–31 [in Russian].
- 14 Butumbayeva, M.K. & Silant'yeva, M.M. (2020). Evaluation of successful introduction of plants from *Lamiaceae* family in the conditions of the Karaganda and Zhezkazgan cities. Bulletin of the Karaganda University. Series Biology, Medicine, Geography, 4(100); 16–22.

- 15 Penkina, I.G. (1988). *Introduktsiia sireni v Chuiskuiu dolinu [Introduction of Syringa in Chu valley]*. Thesis PhD [in Russian].
- 16 Malakhovets, P.M. & Tisova, V.A. (2002). *Dekorativnye derevii i kustarniki na Severe [Decorative trees and bushes on North]*. Arkhangelsk [in Russian].
- 17 Zhurikova, E.M. (2016). *PAM-fluorimetriia. Metodicheskoe rukovodstvo dlia shkoly molodykh uchenykh: Mezhdunarodnaia konferentsiia IFPB RAN [Methodological Guide for the School of Young Scientists International Conference of IFPB RAS]*. Pushchino [in Russian].
- 18 Arestova, C.V. & Arestova, E.A. (2017). *Otsenka adaptatsii introdutsirovannykh drevesno-kustarnikovyykh rastenii v usloviakh Saratovskogo Povolzhia: metodicheskie rekomendatsii [Assessment of adaptation of introduced shrub plants in the conditions of the Saratov Volga region (methodological recommendations)]*. Saratov: FGBNU «NIISKH Jugo-Vostoka» [in Russian].
- 19 *Metodika opredeleniia metallov v rasteniakh (1991). [Methodology of identification of metals in plants]*. Moscow [in Russian].
- 20 Porcar-Castell, A., Tyystjarvi, E., Atherton, J., Van Der Tol, C., Flexas, J., Pfindel, E. E., Moreno, J., Frankenberg, C. & Berry, J.A. (2014). Linking chlorophyll a fluorescence to photosynthesis for remote sensing applications: Mechanisms and challenges. *J. Exp. Bot.*, 65 (15); 4065–4095.
- 21 Murchie, E.H. & Lawson, T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications. *J. Exp. Bot.*, 64 (13); 3983–3998.