

云南哀牢山大气降雨过程中养分输入及输出变化的初步研究^{*}

甘健民 薛敬意 赵恒康

(中国科学院昆明生态研究所 昆明 650223)

提要 本文以滇西南中山湿性常绿阔叶林为研究对象,分析了大气降雨对该森林生态系统养分输入和输出的影响。结果表明,该地区在大气降雨过程中养分输入:N以大气降雨为主;P、K、Mg以穿透雨为主,它们分别占总输入量的69.85%、77.33%、98.19%和80.40%;Ca养分输入,大气降雨和穿透雨约各占总输入量的一半,分别是45.35%和54.38%。养分输出以地下土壤渗漏为主,N、P、K、Ca、Mg分别占总输出量的96.52%、86.79%、69.13%、98.17%和97.21%。在养分循环中N、P、K、Ca分别增加了15.941kg/ha·a、0.353kg/ha·a、3.83kg/ha·a和1.264kg/ha·a,而Mg则减少了0.654kg/ha·a。

关键词 常绿阔叶林 大气降雨 养分输入及输出

大气降雨过程中养分的输入及输出变化是森林生态系统中一个比较重要的内容,也是该系统养分循环的一个重要环节。从1991年起我们在云南哀牢山自然保护区内进行了该项目的研究,以期能够代表我国西南地区亚热带山地湿润常绿阔叶林在大气降雨过程中养分的输入及输出变化状况。

1 研究地区的自然条件与样地概况

研究区位于云南中南部景东县境内的哀牢山亚热带常绿阔叶林国家级自然保护区的中心地区——徐家坝。北纬24°32′、东经101°01′,海拔2450m,与云南楚雄市毗邻,属北亚热带山地常绿阔叶林潮湿气候带。据哀牢山生态站多年气象观测资料,研究区年平均气温11.1℃,年平均降雨量1860mm,年平均湿度86%,6月至次年1月湿度均在90%以上,干季为60%—70%,太阳辐射总量 $36.63 \times 10^4 \text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{a}$, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温3049.5℃,最热月均温16.8℃,最冷月均温4.7℃,极端最低-7℃。地层代以古生代的板岩、微晶片岩、绿泥片岩、石英片岩、石英岩为主^[1],经发育而成山地黄棕壤。

样地位于哀牢山生态站附近,坡向为西坡,坡度11°,样地面积50m×50m,有124棵树。森林类型为湿性常绿阔叶林,乔木上层高20—25m,树龄40—50a,平均盖度0.9,乔木亚层5—15m,平均盖度0.5,植被主要由壳斗科、樟科、茶科、木兰科构成。灌木层主要

* 本项研究得到《国家自然科学基金重大项目》的基金资助,项目编号939001,同时也得到《云南省自然科学基金》资助。

由箭竹组成,高1—3m,平均盖度0.7。草本层高度小于0.5m,盖度平均0.3。生物量乔木层491.17t/ha,灌木层7.39t/ha,草本层1.14t/ha。

2 研究方法

2.1 大气降雨测定

根据哀牢山生态站所设气象观测站对林内、林外大气降雨等气象资料的观测,经分析、计算、校正、整理后得到。

2.2 穿透水测定

在样地内乔木层林下分设7个雨量筒,每天定时观测3次,雨后增加1次观测。

2.3 树干茎流测定

在样地内按树干茎级选6棵树,用聚乙烯管一端固定在树干上,然后在树上螺旋环绕一周半并钉牢,下端接收于塑料容器内,每天定时观测3次,雨后增加1次观测。

2.4 地表径流测定

用PVC塑料板设置2m×5m径流场2个,收集径流于塑料容器内,每天定时观测3次,雨后增加1次观测。

2.5 土层渗漏量测定

用40cm×40cm×5cmPVC塑料集水盘分别水平插入土壤10cm、25cm、45cm和65cm深处各2个,塑料管引出渗漏水于塑料容器内,每日定时观测3次,雨后增加1次观测。

2.6 营养元素的分析

N——直接蒸馏法,P——钼蓝比色法,K、Ca、Mg——用日立-17030型原子吸收分光光度计测定。

3 研究结果

3.1 养分输入

大气通过降雨将大气中养分元素输入森林系统,成为天然的养分输入来源,并淋溶树干和树冠分泌物,其中部分养分元素参与分泌物的化学作用。其结果是:大气降雨中部分营养元素被植物吸附和吸收,同时又淋溶出植物中的一些营养元素,并随着树干茎流和穿透降雨而进入土壤系统。因此,营养元素输入除大气降雨外,还包括穿透雨和树干茎流养分输入。从观测结果(表1)中可以看出:

(1)大气降雨养分输入

大气降雨养分输入大小依次是 $N > Ca > Mg > P > K$,它们分别占总养分输入量的69.85%、45.35%、19.08%、22.49%和1.33%,大气降雨养分输入以N为主,其次是Ca。

(2)穿透雨养分输入

穿透雨是最主要的养分输入形式。其输入养分量大小依次是 $N > K > Ca > Mg > P$,它们分别占总养分输入量的30.04%、98.19%、54.38%、80.40%和77.33%。显然K元素养分输入主要来源于穿透降雨。

(3) 树干茎流养分输入

树干茎流养分输入大小依次是 $K > N > Ca > Mg > P$, 分别是 0.48%、0.11%、0.27%、0.52% 和 0.18%, 所占比例都小于 1%。

(4) 淋溶量

从淋溶养分量来看, 除了 N 的含量外, 其他养分元素的淋溶量均是正值, 以 K 的淋溶量最大, 为 5.864 kg/ha · a, 其次是 Mg (0.593 kg/ha · a)、Ca (0.306 kg/ha · a) 和 P (0.301 kg/ha · a)。它们分别占养分总输入量的 97.34%、61.84%、9.30% 和 55.03%。

3.2 养分输出

随着穿透降雨强度的增加和土壤水分饱和, 穿透降雨和树干茎流进入地被后, 养分一方面被枯枝落叶、腐殖质和土壤胶体所吸附固定, 另一方面水分又淋溶出枯枝落叶、腐殖质和土壤中的养分, 并随地表径流和土壤渗漏水而流失。从表 1 的观测结果可以看出:

表 1 养分年平均(1991.5—1993.4)输入和输出量(kg/ha · a)

Table 1 The average yearly amounts of nutrient import and export in the period from May, 1991 through April, 1993

	养分元素	N	P	K	Ca	Mg
养 分 输 入	大气降雨	14.179 (69.85)	0.123 (22.49)	0.080 (1.33)	1.429 (45.35)	0.183 (19.08)
	穿透水	6.099 (30.04)	0.423 (77.33)	5.915 (98.19)	1.789 (54.38)	0.771 (80.40)
	树干茎流	0.022 (0.11)	0.001 (0.18)	0.029 (0.48)	0.009 (0.27)	0.005 (0.52)
	淋溶量	/	0.301 (55.03)	5.864 (97.34)	0.306 (9.30)	0.593 (61.84)
	输入总量	20.300 (100)	0.547 (100)	6.024 (100)	3.290 (100)	0.959 (100)
养 分 输 出	土壤渗漏	4.207 (96.52)	0.046 (86.79)	1.516 (69.13)	1.989 (98.17)	1.568 (97.21)
	地表径流	0.152 (3.48)	0.007 (13.21)	0.677 (30.87)	0.037 (1.83)	0.045 (2.79)
	输出总量	4.359 (100)	0.053 (100)	2.193 (100)	2.026 (100)	1.613 (100)
差值	总输入—总输出	15.941	0.535	3.831	1.264	-0.654

注: 括号内数字为该项目占总量的百分比

(1) 地表径流养分输出

地表径流养分输出量大小依次是 $K > N > Mg > Ca > P$, 以 K 元素输出量较多, 为 0.677 kg/ha · a, 它们分别占总输出量的 30.87%、3.48%、2.79%、1.83% 和 13.21%。

(2) 土壤渗漏养分输出

土壤渗漏总输出量大小依次是: $N > Ca > Mg > K > P$, 它们分别占总养分输出量的 96.52%、98.17%、97.21%、69.13% 和 86.79%, 是养分输出的主要形式。对 10cm、25cm、45cm 和 65cm 不同深度土壤的养分渗漏输出可以看出(表 2), 从上而下养分输出量逐步减小, 说明土壤由上而下土壤胶体对养分的吸附增强, 而土壤的养分淋溶和土壤水对养分

的搬运作用减弱。

表2 不同深度土壤养分渗漏年平均(1991.5—1993.4)输出(kg/ha·a)

Table 2 The average yearly amount of the export of nutrient percolation at different soil depths in the period from May,1991 through April,1993

养分元素	N	P	K	Ca	Mg
10cm 深土壤渗漏输出	1.43	0.024	1.41	0.91	0.84
25cm 深土壤渗漏输出	1.39	0.006	0.03	0.41	0.34
45cm 深土壤渗漏输出	0.85	0.005	0.05	0.48	0.25
65cm 深土壤渗漏输出	0.54	0.011	0.03	0.19	0.13
合计养分输出	4.21	0.046	1.52	1.99	1.56

3.3 降雨过程中的养分循环

在大气降雨过程中,通过大气降雨,穿透水及树干茎流而输入养分,又通过地表径流和土壤渗漏而输出养分。对森林—土壤系统而言,从表1可以看出各养分元素输入及输出量,以及在大气降雨过程中对系统的养分贡献。

(1)对系统的养分增加

在降雨过程中,对森林—土壤系统养分增加的元素是N、P、K、Ca,增加的养分量分别是15.941kg/ha·a、0.533kg/ha·a、3.831kg/ha·a和1.264kg/ha·a。

(2)对系统的养分减少

在降雨过程中,对森林—土壤系统养分减少的元素是Mg,减少量为0.654kg/ha·a。

4 分析和讨论

4.1 养分输入元素的比较

N K·A 阿姆森认为^[2],降水中N和其他元素的总量变化最大,但一般来说,在凉爽温和地区较少,而热带地区最多。邻近工业区或大火可以增多含量,特别是N的含量。在海岸地区,Na、Ca与Mg显著增加。云南具有山地多样性的特点,其气候条件也比较复杂,不能简单地从地理位置来划分。大量资料表明,不同地区降雨中N含量变幅很大。表3中,尼日利亚为14.01kg/ha·a,加拿大为1.4kg/ha·a,德国为23.9kg/ha·a,而我国广州为3.48kg/ha·a,哀牢山是14.18kg/ha·a,与尼日利亚相似。不同地区降水中N含量的差异,与本区气候、土壤反硝化作用、有机质分解、大气尘埃、燃料以及工业污染有关。哀牢山大气降雨中含N量较高,可能与我国内陆地区施用化肥和农家肥水平较高,以及该地区当地居民烧柴使大量N进入空气中有关。另外由于林冠叶面积和树干表皮吸收和吸附的结果,使得穿透降水和树干茎流中的N含量相应减少。因此,N的输入以大气降雨为主。

P 通常降雨中P含量很少。国外资料通常在0.075—0.225kg/ha·a,表3中尼日利亚为0.42kg/ha·a,加拿大是0.23kg/ha·a,德国是0.48kg/ha·a,广州是0.04kg/ha·a。

a, 哀牢山是 $0.12\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$ 。一般认为, 降雨中 P 的主要来源是大气尘埃的溶解, 大气降雨过程中对植物的淋溶是非常困难的。哀牢山淋溶量是 $0.301\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 而尼日利亚潮湿热带林为 $3.68\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 加拿大花旗松林为 $2.5\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 广州湿地松人工林为 $0.008\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$ 。在缺 P 的红壤地区, 降雨中 P 含量及植株对 P 的淋溶贡献, 对于补充土壤中 P 的含量具有一定的意义。

表 3 不同地区养分输入和输出的比较

Table 3 A comparison of nutrient import and export in different regions

	N	P	K	Ca	Mg
尼日利亚潮湿热带林(Nye, 1961)					
降雨输入	14.01	0.42	17.40	12.67	11.32
穿透输入	26.45	4.10	237.51	41.58	29.14
淋溶量	12.44	3.68	220.11	28.91	17.82
加拿大花旗松林(Abee 和 Lavender, 1972)					
降雨输入	1.40	0.23	0.11	2.09	1.27
穿透输入	3.35	2.74	21.72	4.42	2.12
淋溶量	1.95	2.51	21.61	2.33	0.85
输出(溪流)	0.38	0.52	0.25	50.32	12.44
德国欧洲水青冈林(Fridrikson, 1972)					
降水输入	23.9	0.48	2.0	12.4	1.79
输出(归地下水)	6.2	0.01	1.6	14.1	2.40
广州湿地松人工林(唐常源和王翌, 1992, 10)					
降雨输入	3.48	0.044	1.17	9.16	8.31
穿透输入	6.01	0.048	3.08	14.49	9.21
树干流输入	2.59	0.004	0.33	3.46	1.40
淋溶量	5.12	0.008	2.24	8.78	2.29
云南哀牢山湿润常绿阔叶林					
降雨输入	14.18	0.12	0.08	1.49	0.18
穿透输入	6.10	0.42	5.92	1.79	0.77
树干流输入	0.022	0.001	0.029	0.009	0.005
淋溶量	—	0.301	5.87	0.31	0.59
输出(归地下水)	4.36	0.053	2.19	2.03	1.62

K K 是植物生长所需的重要元素。虽然降雨中 K 的含量不多, 但是通过降雨对植株淋溶出的养分量则是大量的。这对补充土壤中 K 含量具有重要作用。据国外资料报道, 降雨中 K 的含量一般在 $0.9-15.8\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 尼日利亚是 $17.4\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 加拿大为 $0.11\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 德国为 $2.0\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 广州是 $1.17\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 而哀牢山是 $0.08\text{kg}/\text{ha} \cdot \text{a}$, 含量较低。由于 K 的溶解度高, 通过雨水的淋溶使穿透降水中的 K 含量较大气降雨中的 K

含量明显增多,为 $5.915\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,是哀牢山大气降雨中K含量的74倍。哀牢山淋溶量为 $5.87\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,低于尼日利亚潮湿热带林($220.11\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)和加拿大花旗松林($21.61\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$),高于广州湿地松人工林($2.24\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)。

Ca 主要来源于大气尘埃和有机物,一般含量较低,释放速度缓慢,溶脱程度不如K。本区降雨中Ca的含量为 $1.49\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,低于尼日利亚($12.67\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)、德国($12.4\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)和广州($9.16\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$),与加拿大($2.09\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)相似。哀牢山常绿阔叶林Ca的淋溶量为 $0.306\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,显著低于尼日利亚潮湿热带林($28.91\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)、广州湿地松人工林($8.78\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)和加拿大花旗松林($2.33\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)。

Mg Mg是较难淋溶的一种元素,降雨中Mg的主要来源是海洋风中的盐粒飘进内陆溶解于降雨中。一般含量较低,尼日利亚是 $11.32\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,加拿大为 $1.27\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,德国为 $1.79\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,广州为 $8.31\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,哀牢山是 $0.18\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。Mg的淋溶量也同样低于尼日利亚潮湿热带林($17.82\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$),广州湿地松人工林($2.29\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$),而与加拿大花旗松林($0.85\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)相近似。

Ca、Mg元素在哀牢山大气降雨中含量较少,可能是由于该地区受内陆季风气候控制,极少受海洋气候的影响。

4.2 养分输出元素的比较

从表3中可以看出,哀牢山N输出量是 $4.36\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,高于加拿大($0.38\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)11倍,低于德国($6.2\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$) $1.84\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。P输出量是 $0.053\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,低于加拿大($0.52\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)10倍,高于德国($0.01\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)5倍。K输出量是 $2.19\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,高于加拿大($0.25\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)8.5倍,高于德国 $0.59\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$ 。Ca输出量是 $2.03\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,低于加拿大($50.32\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)25倍,低于德国($2.29\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$) $0.78\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$,Mg输出量同样低于加拿大($12.44\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)和德国($2.40\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{a}$)。很显然,不同地区、不同土壤条件、不同植被类型,以及不同的气候条件,导致了养分输出量的差异。

4.3 大气降雨、穿透雨及树干茎流养分输入的比较

由表1各种养分输入占总养分输入量的百分比中可以看出,3种形式的养分输入对森林—土壤系统的贡献。按贡献大小依次对各养分排序是:

N 降雨(69.85%)>穿透雨(30.04%)>树干流(0.11%);

P 穿透雨(77.33%)>降雨(22.49%)>树干流(0.18%);

K 穿透雨(98.19%)>降雨(1.33%)>树干流(0.48%);

Ca 穿透雨(54.38%)>降雨(45.35%)>树干流(0.27%);

Mg 穿透雨(80.40%)>降雨(19.08%)>树干流(0.52%)。

还可以看出,N主要来源于降雨输入,其它元素P、K、Mg均主要来源于穿透雨输入,对Ca而言,大气降雨和穿透降雨对总输入量的贡献大致相同,约各占一半。从树干流对总养分输入的贡献来看,各元素所占比例均小于1%。这是由于树干流较少,只占林外大气降雨的0.227%的缘故。唐常源和王翌^[3]认为,从水循环的角度来看,林内雨与林地的状况构成面源,而树干流和树根周围的大空隙决定了这部分的水运动以点源形式进入林地。对哀牢山常绿阔叶林而言,以点源形式进入林地的养分输入可忽略不计,而养分输入主要是以面源形式进入。

4.4 降雨对养分的淋溶作用

冯宗炜等^[4]认为,穿透降雨中营养元素含量的增加,是来自细胞壁的蒸腾液,而细胞原生质只是选择性地从液流中吸取了当时所需要的营养元素,其余的营养物质聚集在细胞壁和角质层内,当降水时它们被氢离子(H⁺)所交换出来。由于被淋溶出来的养分是水溶性的,不需要经过复杂的分解过程,即可被植物直接吸收,同时降雨对植物的淋溶加速了养分循环,保障了植物对养分的需要。因此,降雨对林冠的淋溶具有加速植物生长的重要意义。

表 4 大气降雨、穿透雨、树干茎流养分物质月平均(1991.5—1993.4)浓度(mg/l)

Tablo 4 The average monthly concentration of nutrient materials in rainfall,throughrain and the water flow along the stems in the period from May,1991 through April,1993

养分元素	N	P	K	Ca	Mg
大气降雨养分浓度	5.257	0.059	0.029	0.466	0.064
穿透雨养分浓度	3.154	0.167	2.357	0.674	0.328
树干茎流养分浓度	4.456	0.178	5.419	1.712	0.906

降雨淋溶林冠及植物体分泌物中所含的各种养分物质,使得穿透雨及树干茎流中的养分浓度含量增加(表 4)。大气降雨中所含的养分物质按其浓度高低依次排列:N>Ca>Mg>P>K。穿透雨养分的平均浓度大小依次为:N>K>Ca>Mg>P。树干茎流养分平均浓度大小依次是:K>N>Ca>P>Mg。从表中可以看出,3种养分输入形式中除大气降雨中的N外,其余养分浓度经过降雨淋溶均有所增加,养分浓度大小依次是:树干茎流>穿透雨>大气降雨。这说明降雨淋溶的作用,对于增加养分浓度的输入,补充植物生长所需的养分物质起了积极的作用。

5 结论

(1)大气降雨和穿透雨是养分输入的主要形式,其中以穿透雨养分输入为主。树干茎流养分输入非常小,可忽略不计。N、P、K、Ca、Mg 养分元素的输入量分别是,穿透雨:6.1kg/ha·a、0.423kg/ha·a、5.915kg/ha·a、1.79kg/ha·a 和 0.77kg/ha·a;大气降雨:14.18kg/ha·a、0.123kg/ha·a、0.08kg/ha·a、1.49kg/ha·a 和 0.18kg/ha·a。

(2)土壤渗漏是养分输出的主要形式,其次是地表径流输出。N、P、K、Ca、Mg 养分输出量分别是,土壤渗漏:4.207kg/ha·a、0.046kg/ha·a、1.516kg/ha·a、1.989kg/ha·a 和 1.568kg/ha·a。地表径流:0.152kg/ha·a、0.007kg/ha·a、0.677kg/ha·a、0.37kg/ha·a、0.045kg/ha·a。

(3)在森林—土壤系统中,降雨过程中的养分循环是收大于支,即 N、P、K、Ca 元素是增加了系统的养分含量,增加的量分别是:15.94kg/ha·a、0.535kg/ha·a、3.81kg/ha·a 和 1.264kg/ha·a;只有 Mg 元素是减少了系统的养分含量,减少的量是 0.654kg/ha·a。

参 考 文 献

- 1 中国科学院昆明分院生态室. 云南哀牢山森林生态系统研究. 昆明: 云南科技出版社. 1983.
- 2 K. A 阿姆森(林伯群, 周重光译). 森林土壤: 性质和作用. 北京: 科学出版社. 156—186. 1984.
- 3 唐常源, 王翌. 湿地松人工林中降雨对养物质的淋溶作用. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(4): 379—383.
- 4 冯宗炜等. 亚热带杉木纯林生长生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9(4): 246—256.

**A PRELIMINARY STUDY ON CHANGE OF NUTRIENT IMPORT AND
EXPORT IN THE PROCESS OF RAINFALL IN THE AILAO
MOUNTAINS REGION OF YUNNAN PROVINCE**

Gan Jianmin Xue Jingyi Zhao Hengkang
(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

In this paper, the effects of rainfall on nutrient import and export in the broad-leaved evergreen forest in southwest Yunnan Province have been observed. The results show that in the process of rainfall the nutrient import in rainfall is mainly N and the major elements of nutrient import in throughrain are P, K and Mg. They occupy 69.85%, 77.33%, 98.19%, and 80.40% of the total nutrient import respectively. Ca occupies about half of the total nutrient import in rainfall and throughrain and the percentages are 45.35% and 54.38% respectively. The major form of nutrient export is soil percolation. N, P, K, Ca and Mg occupy 96.52%, 86.79%, 69.13%, 98.17% and 97.21% of the total nutrient export respectively. In nutrient cycle, N, P, K and Ca increase 15.94 kg/ha · a, 0.353 kg/ha · a, 3.83 kg/ha · a, 1.26 kg/ha · a respectively, but Mg reduces 0.654 kg/ha · a.

Key words broad-leaved evergreen forest, rainfall, nutrient import and export