Table 1. Heavy metals concentration (mg kg $^{-1}$) in the study area along with the permissible limits set by various countries

Regions	Statistics	Pb	Cd	Cr	Zn	Ni	Cu	References
Lahore	*Range*	10.02-66.27	0.18-7.54	2.48-9.54	0.16–107.00	0.44-0.82	1.11–10.10	This study
	Mean	25.04±16.86	4.26±2.33	6.39±2.36	14.79±32.78	0.58±0.11	3.32±3.19	
Multan	*Range*	0.77–10.79	0.57-0.94	6.48-63.84	0.38-18.30	0.46-2.20	0.15-2.71	This study
	Mean	6.44±3.40	0.74±0.12	32.36±18.97	4.48±5.96	0.84±0.50	1.80±0.71	
Faisalabad	*Range*	3.47-19.26	0.13-8.75	3.21-90.56	0.22-83.60	0.46-0.76	0.97-4.27	This study
	Mean	8.98±6.38	4.65±2.65	21.89±25.75	20.07±30.26	0.64±0.10	1.90±0.92	
China	*P. limits*	80	0.5	200	250	50	100	SEPA (2015)
Australia	*P. limits*	300	3	50	200	60	100	EPA AUS (2016)
Bulgaria	*P. limits*	26	0.4	65	88	46	150	BSPS (2007)
Taiwan	*P. limits*	70	1	60	150	50	40	RSHP (2011)
Canada	*P. limits*	200	3	250	500	100	150	CCME (2009)
EU Guidelines	*P. limits*	300	3	150	300	75	140	ECE EU (2002)
South Africa	*P. limits*	20	75	6.5	240	91	16	DEA SA (2010)
USA	*P. limits*	200	0.48	11	1100	72	270	USEPA (2002)

⁎SEPA; State environmental protection administration.⁎EPA AUS; Environmental protection authority Australia.⁎BSPS; Bulgarian soil pollution standards.⁎ RSHP; Regulatory Standards of Heavy Metal Pollutants in Soil Taiwan.⁎ CCME; Canadian Ministry of the Environment.⁎ ECE; European Commission on Environment.⁎ DEA SA; Department of Environmental Affairs South Africa.⁎ USEPA; United States Environmental Protection Agency.

Table 2. Pollution risk indices along with different factors in the agricultural soil of the selected regions.

	Regions	**Pb**	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Ni**	**Cu**	**Contamination degree**
Contamination factor	Lahore	0.31	8.52	0.03	0.05	0.011	0.033	**8.95**
	Multan	0.08	1.48	0.16	0.01	0.016	0.018	**1.75**
	Faisalabad	0.11	9.9	0.1	0.08	0.012	0.019	**10.21**
Enrichment factor	Lahore	1.82	50.11	0.17	0.29	0.06	0.19	
	Multan	0.47	8.7	0.94	0.05	0.09	0.1	
	Faisalabad	0.64	58.23	0.58	0.47	0.07	0.11	
I_{geo} (geo accumulation index)	Lahore	0.0628	1.7098	0.0064	0.0118	0.0023	0.0066	**Potential ecological risk index**
	Multan	0.0161	0.2970	0.0324	0.0035	0.0033	0.0036	
	Faisalabad	0.0225	1.8663	0.0219	0.0161	0.0025	0.0038	
Ecological risk factor	Lahore	1.55	255.6	0.06	0.05	0.055	0.165	**257.48**
	Multan	0.4	44.4	0.32	0.01	0.08	0.09	**45.3**
	Faisalabad	0.55	297	0.2	0.08	0.06	0.095	**297.98**

Table 3. Average daily intake of the heavy metals via various exposure pathways (µg/kg/day).

		Pb		Cd		Cr		Zn		Ni		Cu	
ADI		**Adult**	**Child**	**Adult**	**Child**	**Adult**	**Child**	**Adult**	**Child**	**Adult**	**Child**	**Adult**	**Child**
	Ingestion	3.41×10^{-05}	3.18×10^{-04}	5.79×10^{-06}	5.41×10^{-05}	8.69×10^{-06}	8.12×10^{-05}	2.01×10^{-05}	1.88×10^{-04}	7.89×10^{-07}	7.37×10^{-06}	4.52×10^{-06}	4.22×10^{-05}
Lahore	Inhalation	3.21×10^{-09}	8.96×10^{-09}	5.45×10^{-10}	1.53×10^{-09}	8.18×10^{-10}	2.29×10^{-09}	1.89×10^{-09}	5.29×10^{-09}	7.42×10^{-11}	2.08×10^{-10}	4.25×10^{-10}	1.19×10^{-09}
	Dermal	1.39×10^{-06}	6.61×10^{-07}	2.37×10^{-07}	1.12×10^{-07}	3.55×10^{-07}	1.69×10^{-07}	8.22×10^{-07}	3.90×10^{-07}	3.22×10^{-08}	1.53×10^{-08}	1.85×10^{-07}	8.76×10^{-08}
	Ingestion	8.76×10^{-06}	8.18×10^{-05}	1.01×10^{-06}	9.40×10^{-06}	4.40×10^{-05}	4.11×10^{-04}	6.09×10^{-06}	5.69×10^{-05}	1.14×10^{-06}	1.07×10^{-05}	2.45×10^{-06}	2.29×10^{-05}
Multan	Inhalation	8.24×10^{-10}	2.31×10^{-09}	9.47×10^{-11}	2.65×10^{-10}	4.14×10^{-09}	1.16×10^{-08}	5.73×10^{-10}	1.60×10^{-09}	1.08×10^{-10}	3.01×10^{-10}	2.30×10^{-10}	6.44×10^{-10}
	Dermal	3.58×10^{-07}	1.70×10^{-07}	4.11×10^{-08}	1.95×10^{-08}	1.80×10^{-06}	8.54×10^{-07}	2.49×10^{-07}	1.18×10^{-07}	4.67×10^{-08}	2.22×10^{-08}	1.00×10^{-07}	4.75×10^{-08}
	Ingestion	1.22×10^{-05}	1.14×10^{-04}	6.32×10^{-06}	5.91×10^{-05}	2.98×10^{-05}	2.78×10^{-04}	2.73×10^{-05}	2.55×10^{-04}	8.70×10^{-07}	8.13×10^{-06}	2.58×10^{-06}	2.41×10^{-05}
Faisalabad	Inhalation	1.15×10^{-09}	3.21×10^{-09}	5.95×10^{-10}	1.66×10^{-09}	2.80×10^{-09}	7.84×10^{-09}	2.57×10^{-09}	7.19×10^{-09}	8.19×10^{-11}	2.29×10^{-10}	2.43×10^{-10}	6.8×10^{-10}
	Dermal	4.99×10^{-07}	2.37×10^{-07}	2.59×10^{-07}	1.23×10^{-07}	1.22×10^{-06}	5.78×10^{-07}	1.12×10^{-06}	5.30×10^{-07}	3.56×10^{-08}	1.69×10^{-08}	1.06×10^{-07}	5.02×10^{-08}

Table 4. Hazard quotient (HQ) and hazard index (HI) of the selected HMs for adults.

Heavy Metals		**Pb**	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Ni**	**Cu**	**HI (Hazard Index)**
Locations				**HQ (Hazard Quotient) Adults**				
	Ingestion	9.73×10^{-03}	5.79×10^{-03}	2.90×10^{-03}	6.70×10^{-05}	3.94×10^{-05}	1.13×10^{-04}	$\mathbf{1.86\times10^{-02}}$
Lahore (HQ)	Inhalation	9.11×10^{-07}	2.27×10^{-04}	2.86×10^{-05}	6.31×10^{-07}	3.60×10^{-09}	1.06×10^{-08}	$\mathbf{2.57\times10^{-04}}$
	Dermal	2.65×10^{-03}	2.37×10^{-02}	5.92×10^{-03}	1.37×10^{-05}	5.97×10^{-06}	1.54×10^{-05}	$\mathbf{3.23\times10^{-02}}$
HI (Hazard Index)		$\mathbf{1.24\times10^{-02}}$	$\mathbf{2.97\times10^{-02}}$	$\mathbf{8.85\times10^{-03}}$	$\mathbf{8.14\times10^{-05}}$	$\mathbf{4.54\times10^{-05}}$	$\mathbf{1.28\times10^{-04}}$	
	Ingestion	2.50×10^{-03}	1.01×10^{-03}	1.47×10^{-02}	3.81×10^{-06}	5.71×10^{-05}	6.12×10^{-05}	$\mathbf{1.83\times10^{-02}}$
Multan (HQ)	Inhalation	2.34×10^{-07}	3.95×10^{-05}	1.45×10^{-04}	1.91×10^{-07}	5.22×10^{-09}	5.73×10^{-09}	$\mathbf{1.85\times10^{-04}}$
	Dermal	6.82×10^{-04}	4.11×10^{-03}	3.00×10^{-02}	4.15×10^{-06}	8.65×10^{-06}	8.34×10^{-06}	$\mathbf{3.48\times10^{-02}}$
HI (Hazard Index)		$\mathbf{3.18\times10^{-03}}$	$\mathbf{5.16\times10^{-03}}$	$\mathbf{4.48\times10^{-02}}$	$\mathbf{8.15\times10^{-06}}$	$\mathbf{6.58\times10^{-05}}$	$\mathbf{6.95\times10^{-05}}$	
	Ingestion	3.49×10^{-03}	6.32×10^{-03}	9.92×10^{-03}	9.10×10^{-05}	4.35×10^{-05}	6.46×10^{-05}	$\mathbf{1.99\times10^{-02}}$
Faisalabad (HQ)	Inhalation	3.27×10^{-07}	2.48×10^{-04}	9.80×10^{-05}	8.56×10^{-07}	3.98×10^{-09}	6.05×10^{-09}	$\mathbf{3.47\times10^{-04}}$
	Dermal	9.51×10^{-04}	2.59×10^{-02}	2.03×10^{-02}	1.86×10^{-05}	6.59×10^{-06}	8.80×10^{-06}	$\mathbf{4.71\times10^{-02}}$
HI (Hazard Index)		$\mathbf{4.44\times10^{-03}}$	$\mathbf{3.24\times10^{-02}}$	$\mathbf{3.03\times10^{-02}}$	$\mathbf{1.10\times10^{-04}}$	$\mathbf{5.01\times10^{-05}}$	$\mathbf{7.34\times10^{-05}}$	

Table 5. Hazard quotient (HQ) and hazard index (HI) of the selected HMs for child.

Heavy Metals		**Pb**	**Cd**	**Cr**	**Zn**	**Ni**	**Cu**	**HI (Hazard Index)**
Locations				**HQ (Hazard Quotient) Child**				
	Ingestion	9.09×10^{-02}	5.41×10^{-02}	2.71×10^{-02}	6.26×10^{-04}	3.68×10^{-04}	1.05×10^{-03}	**1.74×10^{-01}**
Lahore (HQ)	Inhalation	2.55×10^{-06}	6.35×10^{-04}	8.00×10^{-05}	1.76×10^{-06}	1.01×10^{-08}	2.96×10^{-08}	**7.20×10^{-04}**
	Dermal	1.26×10^{-03}	1.12×10^{-02}	2.81×10^{-03}	6.51×10^{-06}	2.84×10^{-06}	7.30×10^{-06}	**1.53×10^{-02}**
HI (Hazard Index)		**9.21×10^{-02}**	**6.60×10^{-02}**	**2.99×10^{-02}**	**6.34×10^{-04}**	**3.71×10^{-04}**	**1.06×10^{-03}**	
	Ingestion	2.34×10^{-02}	9.40×10^{-03}	1.37×10^{-01}	1.90×10^{-04}	5.33×10^{-04}	5.72×10^{-04}	**1.71×10^{-01}**
Multan (HQ)	Inhalation	6.55×10^{-07}	1.10×10^{-04}	4.05×10^{-04}	5.35×10^{-07}	1.46×10^{-08}	1.60×10^{-08}	**5.17×10^{-04}**
	Dermal	3.24×10^{-04}	1.95×10^{-03}	1.42×10^{-02}	1.97×10^{-06}	4.11×10^{-06}	3.96×10^{-06}	**1.65×10^{-02}**
HI (Hazard Index)		**2.37×10^{-02}**	**1.15×10^{-02}**	**1.52×10^{-01}**	**1.92×10^{-04}**	**5.38×10^{-04}**	**5.75×10^{-04}**	
	Ingestion	3.26×10^{-02}	5.91×10^{-02}	9.27×10^{-02}	8.50×10^{-04}	4.06×10^{-04}	6.03×10^{-04}	**1.86×10^{-01}**
Faisalabad (HQ)	Inhalation	9.13×10^{-07}	6.94×10^{-04}	2.74×10^{-04}	2.40×10^{-06}	1.11×10^{-08}	1.69×10^{-08}	**9.71×10^{-04}**
	Dermal	4.52×10^{-04}	1.23×10^{-02}	9.63×10^{-03}	8.83×10^{-06}	3.13×10^{-06}	4.18×10^{-06}	**2.24×10^{-02}**
HI (Hazard Index)		**3.30×10^{-02}**	**7.20×10^{-02}**	**1.03×10^{-01}**	**8.61×10^{-04}**	**4.10×10^{-04}**	**6.07×10^{-04}**	

Table 6. Risk index (RI), Total risk index (TRI) and Combined risk index (CRI) for adults and children in the selected regions.

Adults	**Lahore Risk Index (RI)**				**Multan Risk Index (RI)**				**Faisalabad Risk Index (RI)**			
	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**
Pb	2.89×10^{-07}	2.72×10^{-11}	1.18×10^{-08}	$\mathbf{3.41\times10^{-05}}$	7.44×10^{-08}	7.01×10^{-12}	3.04×10^{-09}	$\mathbf{8.76\times10^{-06}}$	9.77×10^{-12}	9.77×10^{-12}	4.24×10^{-09}	$\mathbf{1.22\times10^{-05}}$
Cd	2.09×10^{-05}	1.96×10^{-09}	8.53×10^{-07}	$\mathbf{6.65\times10^{-06}}$	3.62×10^{-06}	3.41×10^{-10}	1.48×10^{-07}	$\mathbf{1.15\times10^{-06}}$	2.28×10^{-05}	2.14×10^{-09}	9.31×10^{-07}	$\mathbf{7.26\times10^{-06}}$
Cr	4.35×10^{-06}	4.09×10^{-10}	1.78×10^{-07}	$\mathbf{8.87\times10^{-06}}$	2.20×10^{-05}	2.07×10^{-09}	9.00×10^{-07}	$\mathbf{4.49\times10^{-05}}$	1.49×10^{-05}	1.40×10^{-09}	6.09×10^{-07}	$\mathbf{3.04\times10^{-05}}$
Total (TRI)	$\mathbf{2.55\times10^{-05}}$	$\mathbf{2.40\times10^{-09}}$	$\mathbf{1.04\times10^{-06}}$	$\mathbf{4.96\times10^{-05}}$	$\mathbf{2.57\times10^{-05}}$	$\mathbf{2.42\times10^{-09}}$	$\mathbf{1.05\times10^{-06}}$	$\mathbf{5.48\times10^{-05}}$	$\mathbf{3.77\times10^{-05}}$	$\mathbf{3.55\times10^{-09}}$	$\mathbf{1.54\times10^{-06}}$	$\mathbf{4.99\times10^{-05}}$
Children	**Lahore Risk Index (RI)**				**Multan Risk Index (RI)**				**Faisalabad Risk Index (RI)**			
	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**	Ingestion	Inhalation	Dermal	**CRI**
Pb	2.70×10^{-06}	7.62×10^{-11}	5.62×10^{-09}	$\mathbf{3.18\times10^{-04}}$	6.95×10^{-07}	1.96×10^{-11}	1.45×10^{-09}	$\mathbf{8.18\times10^{-05}}$	9.69×10^{-07}	2.73×10^{-11}	2.02×10^{-09}	$\mathbf{1.14\times10^{-04}}$
Cd	1.95×10^{-04}	5.49×10^{-09}	8.53×10^{-07}	$\mathbf{5.45\times10^{-05}}$	3.38×10^{-05}	9.54×10^{-10}	7.03×10^{-08}	$\mathbf{9.47\times10^{-06}}$	2.13×10^{-04}	5.99×10^{-09}	4.42×10^{-07}	$\mathbf{5.95\times10^{-05}}$
Cr	4.06×10^{-05}	1.14×10^{-09}	8.43×10^{-08}	$\mathbf{8.12\times10^{-05}}$	2.05×10^{-04}	5.79×10^{-09}	4.27×10^{-07}	$\mathbf{4.11\times10^{-04}}$	1.39×10^{-04}	3.92×10^{-09}	2.89×10^{-07}	$\mathbf{2.78\times10^{-04}}$
Total (TRI)	$\mathbf{2.38\times10^{-04}}$	$\mathbf{6.71\times10^{-09}}$	$\mathbf{9.43\times10^{-07}}$	$\mathbf{4.54\times10^{-04}}$	$\mathbf{2.40\times10^{-04}}$	$\mathbf{6.77\times10^{-09}}$	$\mathbf{4.99\times10^{-07}}$	$\mathbf{5.03\times10^{-04}}$	$\mathbf{3.53\times10^{-04}}$	$\mathbf{9.94\times10^{-09}}$	$\mathbf{7.33\times10^{-07}}$	$\mathbf{4.52\times10^{-04}}$