

**Table S1.** Seed species composition of permanent grassland soil (%) in the depth of 0–15 cm in Spring.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	33.8	28.7	14.1	12.6	8.0	21.4
<i>Centaurea cyanus</i> L.	<i>Asteraceae</i>		6.9				
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>	7.7	4.0	9.1	9.2	2.7	14.3
<i>Lapsana communis</i> L.	<i>Asteraceae</i>		1.0				
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>	3.1	1.0	1.0	1.7	3.5	4.5
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>	3.1	1.0				
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>		1.0				
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	<i>Brassicaceae</i>	1.5					
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>		7.9		0.6		2.7
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>	12.3	9.9	24.2	12.6	2.7	3.6
<i>Silene vulgaris</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	12.3		20.2	33.3	8.0	2.7
<i>Spergula arvensis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	3.1	1.0		1.7	0.9	
<i>Lotus corniculatus</i> L.	<i>Fabaceae</i>	1.5	15.8	6.1	19.0	2.7	25.0
<i>Trifolium arvense</i> L.	<i>Fabaceae</i>		1.0	3.0		1.8	
<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Fabaceae</i>		3.0	1.0	2.9		1.8
<i>Vicia cracca</i> L.	<i>Fabaceae</i>					1.8	
<i>Vicia hirsuta</i> L.	<i>Fabaceae</i>						15.2
<i>Vicia villosa</i> Roth.	<i>Fabaceae</i>			1.0			
<i>Juncus bufonius</i> L.	<i>Juncaceae</i>		2.0		1.1		0.9
<i>Galeopsis ladanum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>		5.0				
<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	<i>Lamiaceae</i>					0.9	
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>					1.8	
<i>Stachys palustris</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	1.5	1.0				
<i>Epilobium montanum</i> L.	<i>Onagraceae</i>		4.0				
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>	10.8		4.0		24.8	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Papaveraceae</i>					29.2	0.9
<i>Poa annua</i> L.	<i>Poaceae</i>		1.0				
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>	4.6	1.0	2.0		2.7	
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>		2.0		0.6		
<i>Rumex crispus</i> L.	<i>Polygonaceae</i>					0.9	
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	1.5	2.0	2.0	3.5	1.8	
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	3.1		12.1	1.1	6.2	7.1
The number of species		14	21	13	13	17	12

**Table S2.** Seed species composition of permanent grassland soil (%) in the depth of 0–15 cm in Autumn.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	44.1	72.5	16.1	32.6	16.4	18.1
<i>Anthriscus sylvestris</i> L.	<i>Apiaceae</i>				3.2		
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>	16.9	3.6	19.6	19.0	7.5	3.1
<i>Sonchus asper</i> L.	<i>Asteraceae</i>				1.1		
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>	5.1	1.2	1.8	7.4	1.5	10.2
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>	3.4	1.8	1.8	1.1		
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>				1.1		
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>	1.7		1.8			0.8
<i>Agrostemma githago</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	1.7		1.8		3.0	
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>	8.5	1.8	7.1	3.2	1.5	5.5
<i>Silene vulgaris</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>			7.8	9.5		3.1
<i>Lotus corniculatus</i> L.	<i>Fabaceae</i>			4.2		9.5	33.9
<i>Trifolium arvense</i> L.	<i>Fabaceae</i>	3.4		10.7	3.2	6.0	4.7
<i>Trifolium medium</i> Grub.	<i>Fabaceae</i>						1.6
<i>Vicia hirsuta</i> L.	<i>Fabaceae</i>		2.4			10.4	7.1
<i>Juncus bufonius</i> L.	<i>Juncaceae</i>				12.5		0.8
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	3.4				1.5	
<i>Stachys palustris</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	1.7					
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>	3.4		14.3		40.3	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Papaveraceae</i>						0.8
<i>Agropyron repens</i> L.	<i>Poaceae</i>						2.4
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	<i>Poaceae</i>						1.6
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>		1.8			1.5	2.4
<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Polygonaceae</i>					1.5	
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>	1.7		1.8			
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	3.4	0.6	10.7	1.1	3.0	
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	1.7	2.4		8.4	6.0	3.9
The number of species		14	11	12	13	13	16

**Table S3.** Seed species composition of cereal-grass crop rotation soil (%) in the depth of 0–15 cm in Spring.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	23.8	6.6	33.3	2.5	20.3	4.0
<i>Centaurea cyanus</i> L.	<i>Asteraceae</i>		1.2				
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>			0.2		0.5	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>					0.5	
<i>Tripleurospermum perforatum</i> M. Lainz	<i>Asteraceae</i>					4.5	0.2
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>	4.8	0.2	1.0			0.2
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>			1.0	0.4	6.4	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	<i>Brassicaceae</i>		0.2		0.3	1.0	0.7
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>			1.5	1.5	60.0	6.4
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>	7.1		1.0		1.5	0.2
<i>Spergula arvensis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	1.2	8.8		3.7		3.3
<i>Trifolium repens</i> L.	<i>Fabaceae</i>					1.0	
<i>Vicia villosa</i> Roth.	<i>Fabaceae</i>						0.2
<i>Juncus bufonius</i> L.	<i>Juncaceae</i>	1.2		0.5			
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>					1.0	0.9
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>			0.5		1.5	
<i>Plantago lanceolata</i> L.	<i>Plantaginaceae</i>		0.2				
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	<i>Poaceae</i>				0.1		1.2
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	<i>Poaceae</i>	13.1	58.8	1.0	6.4	1.5	12.5
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>	3.6	3.5	13.8	3.4	13.9	8.3
<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Polygonaceae</i>	1.2	0.5		2.8		7.3
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>		0.7	1.5		1.0	
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	2.4	2.4	3.1	11.3	32.2	12.5
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	40.5	16.5	41.5	9.1	6.9	16.3
The number of species		11	13	12	11	16	15

**Table S4.** Seed species composition of cereal-grass crop rotation soil (%) in the depth of 0–15 cm in Autumn.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	2.5	6.8	2.6	10.8	4.1	7.6
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>					0.4	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>				0.3	0.4	0.4
<i>Tripleurospermum perforatum</i> M. Lainz	<i>Asteraceae</i>	0.2				0.6	
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>	0.1	0.7	0.1		0.6	
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>	0.1		0.9	0.3	0.2	1.4
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	<i>Brassicaceae</i>	0.1	0.3	0.1		0.7	
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>	0.2		40.0	17.3	20.9	7.6
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>				0.6		0.7
<i>Spergula arvensis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	4.7	22.1	7.4	11.1	5.3	10.4
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>					1.2	1.8
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>	0.1					
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	<i>Poaceae</i>		55.2		22.8		19.1
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	<i>Poaceae</i>	79.8	6.6	5.8	4.7	14.8	3.2
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>	0.8	0.2	0.6	1.8	2.5	12.9
<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Polygonaceae</i>			1.3	2.6	0.8	4.7
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>		0.2	0.2	0.3		
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	0.4	0.2	30.0	3.2	20.9	2.9
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	10.9	7.8	11.0	24.3	27.1	26.6
The number of species		12	10	12	13	14	14

**Table S5.** Seed species composition of crop rotation with black fallow soil (%) in the depth of 0–15 cm in Spring.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	11.7	31.9	7.4	34.1	5.9	21.3
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>	0.4	0.7				0.4
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>			2.1			0.9
<i>Tripleurospermum perforatum</i> M. Lainz	<i>Asteraceae</i>				1.2		7.5
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>					0.8	1.7
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>				1.2	2.3	0.8
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	<i>Brassicaceae</i>	0.8				0.8	0.4
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>	2.9		2.5	0.8	8.8	4.9
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>	0.4		2.5		0.8	
<i>Spergula arvensis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	26.8		30.9		24.3	0.4
<i>Vicia hirsuta</i> L.	<i>Fabaceae</i>						0.4
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	0.4		1.9			2.9
<i>Stachys palustris</i> L.	<i>Lamiaceae</i>	0.4					
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>					0.8	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Papaveraceae</i>		0.7			0.8	
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	<i>Poaceae</i>	17.2	30.6	3.7	7.6		5.8
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>	2.1	18.1	1.9	24.2	9.2	33.3
<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Polygonaceae</i>	0.4		7.4	3.8	4.2	5.8
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>			0.6	0.8	0.4	
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	6.3	16.0	7.4	0.8	3.8	0.9
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	30.1		31.5	23.5	28.9	22.7
The number of species		13	7	13	12	14	13

**Table S6.** Seed species composition of crop rotation with black fallow soil (%) in the depth of 0–15 cm in Autumn.

Plant species	Family	Parts of the hill					
		Summit		Midslope		Footslope	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Amaranthaceae</i>	36.4	16.1	49.2	21.7	31.0	18.4
<i>Centaurea cyanus</i> L.	<i>Asteraceae</i>					1.1	
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Asteraceae</i>			1.6	0.4	0.5	0.3
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Asteraceae</i>	1.5	0.5		2.5		1.7
<i>Tripleurospermum perforatum</i> M. Lainz	<i>Asteraceae</i>					0.5	7.5
<i>Betula pendula</i> Roth.	<i>Betulaceae</i>			1.1	0.4		0.3
<i>Myosotis arvensis</i> L.	<i>Boraginaceae</i>	1.5		1.6	0.8	5.3	3.9
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	<i>Brassicaceae</i>	1.5				1.1	1.1
<i>Sinapis arvensis</i> L.	<i>Brassicaceae</i>				0.4		
<i>Erysimum cheiranthoides</i> L.	<i>Brassicaceae</i>			1.1		1.6	6.7
<i>Agrostemma githago</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	0.8		1.1			
<i>Scleranthus annuus</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	0.8					
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	<i>Caryophyllaceae</i>		0.9			0.5	0.3
<i>Spergula arvensis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>		0.9	0.5			
<i>Lotus corniculatus</i> L.	<i>Fabaceae</i>				0.4		
<i>Trifolium arvense</i> L.	<i>Fabaceae</i>				0.4		
<i>Lamium purpureum</i> L.	<i>Lamiaceae</i>				0.8	2.1	1.4
<i>Stachys palustris</i> L.	<i>Lamiaceae</i>					0.3	
<i>Fumaria officinalis</i> L.	<i>Papaveraceae</i>			1.1			0.3
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	<i>Poaceae</i>		35.9		11.5		8.4
<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	<i>Poaceae</i>	37.9	15.2	8.6	3.3	2.7	1.4
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve.	<i>Polygonaceae</i>	1.5	22.1	4.3	27.5	12.8	26.3
<i>Polygonum persicaria</i> L.	<i>Polygonaceae</i>	0.8	2.3	1.6	9.4		3.9
<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Polygonaceae</i>		0.5	2.1			0.3
<i>Veronica arvensis</i> L.	<i>Scrophulariaceae</i>	0.8	0.5	25.7	0.8	7.5	0.8
<i>Viola arvensis</i> Murr.	<i>Violaceae</i>	16.7	5.1	0.5	19.7	33.2	16.8
The number of species		11	11	14	15	13	19