

Supplementary materials

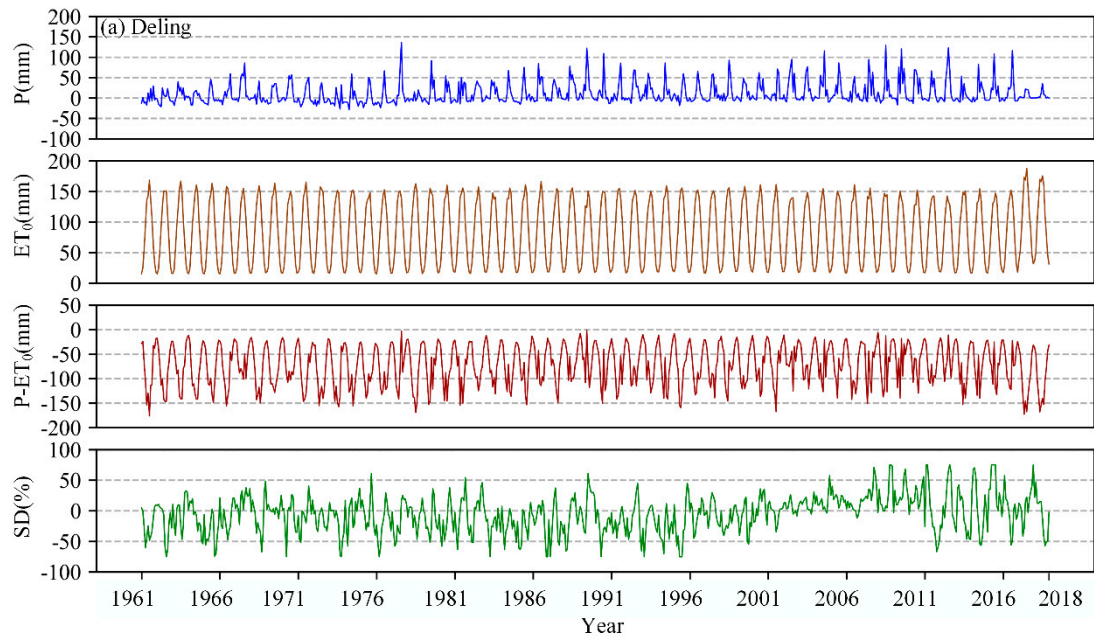


Figure S1. Annual variations of monthly P, ET₀, P-ET₀ and SD over 1961–2018 at the site of Deling.

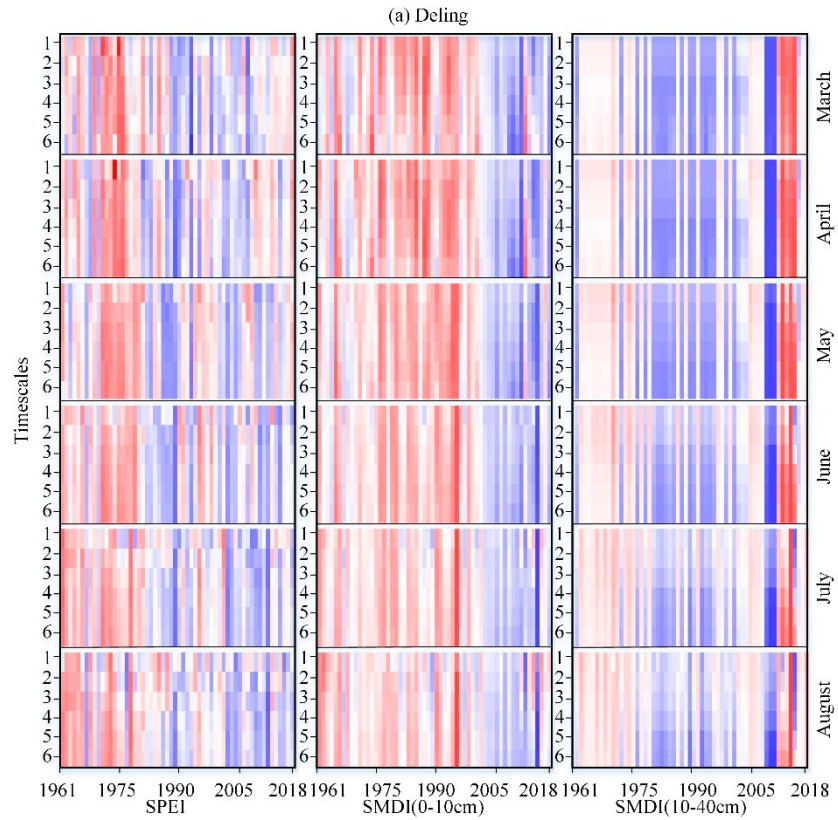


Figure S2. Temporal variations of the monthly SPEI or SMDI at the 1- to 6-month timescales during the spring wheat growing seasons at the site of Deling.

Table S1. Spring wheat growth period in different sites of Qinghai, China.

Site	Growth period					
	Sowing	Emergence	Jointing	Heading	Milking	Maturity
					maturity	
Minhe	28 Mar.	09 Apr.	17 May	12 Jun.	09 Jul.	26 Jul.
Ledu	11 Mar.	05 Apr.	19 May	10 Jun.	15 Jul.	30 Jul.
Huangyuan	31 Mar.	26 Apr.	07 May	02 Jul.	07 Jul.	03 Sep.
Huzhu	01 Apr.	23 Apr.	10 Jun.	05 Jul.	04 Aug.	02 Sep.
Guide	07 Mar.	02 Apr.	17 May	10 Jun.	15 Jul.	30 Jul.
Datong	28 Mar.	22 Apr.	05 Jun.	01 Jul.	05 Aug.	01 Sep.
Xunhua	28 Feb.	28 Mar.	14 May	30 May	30 Jun.	22 Jul.
Tongren	20 Mar.	13 Apr.	03 May	24 Jun.	24 Jul.	15 Aug.

Table S2. Genetic coefficients of spring wheat at the selected 8 sites.

Site	Spring wheat parameter						
	P1V	P1D	P5	G1	G2	G3	PHINT
Deling	19.72	38.59	783.8	16.76	37.68	1.764	72.56
Geer	19.70	33.76	799.9	17.06	45.98	1.731	61.30
Dulan	19.12	39.65	789.8	19.88	23.22	1.570	95.08
Gonghe	19.57	37.65	796.4	17.87	21.58	1.205	63.25

Minhe	19.91	38.34	798.8	24.15	26.96	1.616	69.65
Nuomu	19.90	34.61	773.0	19.04	23.20	1.820	63.35
Huangyuan	19.67	38.67	786.1	19.74	20.89	1.942	61.40
Huzhu	19.79	38.66	792.8	15.97	20.46	1.488	67.25
<hr/>							
Mean	19.67	37.49	790.08	18.81	27.50	1.64	69.23
Standard deviation	0.25	2.12	9.00	2.59	9.34	0.23	11.20
Coefficient of variation/%	1.28	5.67	1.14	13.75	33.97	13.91	16.18

Table S3. Pearson correlation coefficients (r) between LAI_{max} and drought indices (SPEI, SMDI₀₋₁₀ or SMDI₁₀₋₄₀) at selected 8 sites. (** represents p-value ≤ 0.05 , and * represents p-value ≤ 0.1).

Site	Drought index Timescale Month	SPEI						SMDI ₀₋₁₀						SMDI ₁₀₋₄₀					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
De ling	Mar.	0.12	0.20	0.22*	0.21*	0.25*	0.27*	0.37**	0.36**	0.37**	0.37**	0.37**	0.38**	-0.11	-0.11	-0.09	-0.08	-0.07	-0.07
	Apr.	-0.05	0.05	0.09	0.11	0.10	0.13	0.40**	0.39**	0.38**	0.38**	0.39**	0.39**	-0.07	-0.10	-0.10	-0.08	-0.08	-0.07
	May	0.19	0.13	0.18	0.20	0.21*	0.19	0.43**	0.43**	0.43**	0.43**	0.44**	0.44**	0.00	-0.04	-0.07	-0.08	-0.07	-0.07
	Jun.	0.04	0.16	0.13	0.15	0.17	0.18	0.36**	0.39**	0.40**	0.41**	0.42**	0.43**	0.01	-0.01	-0.04	-0.07	-0.08	-0.07
	Jul.	0.15	0.16	0.22*	0.19	0.21	0.22*	0.22*	0.31**	0.36**	0.38**	0.40**	0.41**	-0.03	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-0.09
	Aug.	0.07	0.15	0.17	0.22*	0.19	0.21*	0.12	0.22*	0.27**	0.31*	0.35**	0.37**	-0.09	-0.07	-0.05	-0.06	-0.07	-0.09
Geer	Mar.	0.18	0.16	0.23*	0.29*	0.33*	0.33*	0.11	0.03	-0.05	-0.16	-0.22	-0.22	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.09
	Apr.	-0.12	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22*	0.14	0.11	0.06	-0.03	-0.14	-0.21	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.07	-0.08
	May	0.05	-0.01	0.04	0.04	0.09	0.13	0.00	0.05	0.03	-0.01	-0.09	-0.16	0.01	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06
	Jun.	0.03	0.05	0.01	0.04	0.04	0.07	-0.07	-0.05	-0.02	-0.03	-0.07	-0.12	0.03	0.01	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05
	Jul.	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	-0.13	-0.10	-0.07	-0.06	-0.07	-0.10	-0.05	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05
	Aug.	-0.09	-0.03	-0.01	0.00	-0.02	0.00	-0.08	-0.08	-0.07	-0.05	-0.05	-0.06	-0.10	-0.07	-0.05	-0.04	-0.04	-0.05
Nuomu	Mar.	-0.22	-0.17	-0.12	-0.11	-0.09	0.01	0.24*	0.23*	0.22*	0.19	0.15	0.14	-0.03	-0.01	0.01	0.02	0.03	0.05
	Apr.	-0.27	-0.30	-0.27	-0.23	-0.21	-0.18	0.29**	0.28**	0.25*	0.24*	0.22*	0.18	0.00	-0.02	-0.01	0.02	0.03	0.04
	May	0.02	-0.10	-0.14	-0.14	-0.13	-0.12	0.30**	0.29**	0.28**	0.27**	0.26**	0.25**	0.01	0.00	-0.03	-0.02	0.01	0.02
	Jun.	0.07	0.05	0.00	-0.03	-0.03	-0.03	0.21	0.26**	0.26**	0.25**	0.25**	0.25**	0.09	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04
	Jul.	0.04	0.07	0.05	0.01	0.00	-0.01	0.11	0.15	0.19	0.22	0.23	0.23	0.11	0.10	0.11	0.11	0.09	0.09
	Aug.	-0.01	0.01	0.05	0.04	0.01	-0.01	0.02	0.04	0.08	0.14	0.17	0.18	0.09	0.10	0.12	0.13	0.12	0.11
Dulan	Mar.	0.12	0.04	0.09	0.01	0.03	0.05	0.18	0.22*	0.20	0.20	0.20	0.16	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02

Huang-yuan	Apr.	-0.14	-0.04	-0.08	-0.02	-0.05	-0.02	0.12	0.15	0.17	0.18	0.20	0.20	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02
	May	-0.07	-0.14	-0.07	-0.10	-0.07	-0.05	0.08	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03
	Jun.	-0.14	-0.14	-0.18	-0.14	-0.16	-0.14	0.04	0.04	0.05	0.07	0.09	0.13	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
	Jul.	-0.02	-0.10	-0.10	-0.14	-0.11	-0.13	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.09	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.04
	Aug.	0.23*	0.10	0.00	-0.02	-0.06	-0.03	0.13	0.09	0.09	0.08	0.09	0.11	0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04
	Mar.	-0.24	-0.29**	-0.29**	-0.25	-0.24	-0.15	0.13	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	-0.03	-0.03	-0.03	0.01	0.04	0.08
	Apr.	-0.10	-0.22	-0.25	-0.26	-0.23	-0.24	0.24*	0.23*	0.21*	0.20	0.19	0.17	0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.03	0.05
	May	-0.04	-0.10	-0.17	-0.19	-0.20	-0.22	0.29**	0.26**	0.26**	0.26**	0.25**	0.23	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04
Gonghe	Jun.	-0.05	-0.05	-0.09	-0.14	-0.17	-0.17	0.24	0.26**	0.25**	0.26**	0.26**	0.25	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03
	Jul.	-0.22	-0.16	-0.15	-0.16	-0.19	-0.21	0.10	0.16	0.20	0.20	0.20	0.21	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
	Aug.	-0.18	-0.27**	-0.22	-0.19	-0.19	-0.21	-0.01	0.05	0.12	0.15	0.15	0.16	-0.03	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
	Mar.	-0.21	-0.26**	-0.21	-0.20	-0.22	-0.25**	0.25**	0.21	0.17	0.12	0.04	-0.01	-0.25**	-0.26**	-0.27**	-0.28**	-0.28**	-0.28**
	Apr.	-0.14	-0.21	-0.25	-0.22	-0.22	-0.24	0.32**	0.32**	0.27**	0.23*	0.18	0.10	-0.22	-0.25**	-0.26**	-0.27**	-0.28**	-0.28**
	May	0.00	-0.07	-0.13	-0.16	-0.15	-0.15	0.35**	0.36**	0.35**	0.32**	0.28**	0.22*	-0.19	-0.21*	-0.24*	-0.26**	-0.27**	-0.27**
	Jun.	-0.03	0.00	-0.05	-0.10	-0.12	-0.11	0.24*	0.31**	0.32**	0.32**	0.29 ^v	0.26**	-0.19	-0.20	-0.23*	-0.25**	-0.26**	-0.27**
	Jul.	0.11	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.04	0.09	0.21	0.25**	0.27**	0.27**	0.26**	-0.16	-0.19	-0.21	-0.23	-0.25**	-0.26**
Huzhu	Aug.	-0.20	-0.06	-0.05	-0.02	-0.04	-0.07	0.01	0.06	0.14	0.20	0.22*	0.23*	-0.09	-0.15	-0.17	-0.20	-0.22	-0.25**
	Mar.	-0.08	-0.12	-0.11	-0.08	-0.08	-0.10	0.10	0.07	0.04	0.00	-0.01	0.01	-0.16	-0.18	-0.15	-0.09	-0.06	-0.02
	Apr.	-0.30**	-0.24*	-0.25**	-0.23*	-0.21*	-0.20	0.03	0.02	0.01	0.00	-0.02	-0.02	-0.07	-0.12	-0.13	-0.10	-0.07	-0.04
	May	0.01	-0.12	-0.12	-0.14	-0.13	-0.14	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.04	-0.07	-0.09	-0.07	-0.05
	Jun.	0.02	0.04	-0.05	-0.05	-0.07	-0.06	0.01	-0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	-0.02	-0.04	-0.05	-0.05
	Jul.	0.12	0.10	0.09	0.00	0.00	-0.02	0.10	0.06	0.03	0.04	0.04	0.03	0.11	0.08	0.04	0.02	0.00	-0.02
	Aug.	-0.08	0.00	0.01	0.01	-0.05	-0.05	0.15	0.12	0.09	0.07	0.07	0.07	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02
	Mar.	-0.33**	-0.35**	-0.36**	-0.34**	-0.33**	-0.26**	0.22*	0.24*	0.25**	0.25**	0.24*	0.25**	0.21	0.21	0.22	0.23*	0.23*	0.24*
Minhe	Apr.	-0.28**	-0.38**	-0.39**	-0.40**	-0.39**	-0.39**	0.25**	0.26**	0.26**	0.25**	0.25**	0.24*	0.22*	0.22*	0.21	0.22	0.23*	0.23*
	May	-0.24*	-0.34**	-0.40**	-0.42**	-0.43**	-0.43**	0.18	0.22*	0.23*	0.24*	0.24*	0.24*	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21	0.22*
	Jun.	0.01	-0.18	-0.26**	-0.31**	-0.34**	-0.35**	0.12	0.17	0.21*	0.22*	0.23*	0.24*	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21

Jul.	0.03	0.04	-0.11	-0.19	-0.24	-0.26**	0.18	0.17	0.20	0.22*	0.24*	0.25**	0.21	0.21*	0.22*	0.21*	0.21	0.21
Aug.	-0.33**	-0.21	-0.17	-0.25*	-0.30**	-0.33**	0.20	0.21	0.19	0.21	0.23	0.25**	0.22*	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20

Table S4. Pearson correlation coefficients (r) between the climatic yield obtained after a five-year moving average and drought indices (SPEI, SMDI₀₋₁₀ or SMDI₁₀₋₄₀) at selected 8 sites. (** represents p -value ≤ 0.05 , and * represents p -value ≤ 0.1).

Site	Month	Timescale	SPEI						SMDI ₀₋₁₀						SMDI ₁₀₋₄₀					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
De ling	Mar		0.11	0.01	-0.10	-0.08	-0.06	0.00	0.03	0.03	0.06	0.05	0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	-0.07	-0.07
	Apr		-0.13	-0.04	-0.09	-0.14	-0.13	-0.12	0.07	0.04	0.06	0.07	0.06	0.03	-0.05	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06
	May		-0.22*	-0.27**	-0.20	-0.22*	-0.25*	-0.24*	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03	-0.07	-0.06	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04
	Jun		-0.14	-0.23*	-0.24*	-0.20	-0.22*	-0.24*	-0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.12	-0.10	-0.09	-0.05	-0.05	-0.05
	Jul		-0.34**	-0.33**	-0.35**	-0.37**	-0.33**	-0.34**	-0.19	-0.13	-0.08	-0.06	-0.06	-0.06	-0.19	-0.17	-0.14	-0.13	-0.10	-0.09
	Aug		-0.05	-0.24*	-0.28*	-0.31**	-0.33**	-0.30**	-0.27**	-0.22*	-0.17	-0.13	-0.12	-0.11	-0.30**	-0.26**	-0.23*	-0.20	-0.18	-0.14
Geer	Mar		0.06	0.00	0.02	0.03	0.05	0.01	0.21*	0.21*	0.16	0.09	0.00	-0.03	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.08
	Apr		0.11	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.22*	0.21*	0.21*	0.18	0.11	0.03	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08
	May		0.06	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.20	0.21*	0.20	0.21	0.18	0.12	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06
	Jun		0.16	0.14	0.15	0.14	0.12	0.12	0.13	0.17	0.19	0.19	0.20	0.18	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06
	Jul		0.18	0.19	0.17	0.17	0.16	0.15	0.01	0.08	0.14	0.17	0.17	0.17	-0.09	-0.08	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
	Aug		0.15	0.18	0.20	0.17	0.17	0.17	-0.06	-0.01	0.06	0.12	0.16	0.16	-0.13	-0.12	-0.10	-0.09	-0.09	-0.09
Nuomu	Mar		0.00	-0.04	-0.07	-0.06	-0.07	-0.05	0.19	0.14	0.05	-0.03	-0.13	-0.19	-0.27**	-0.26**	-0.26**	-0.25**	-0.24**	-0.22*
	Apr		0.13	0.11	0.12	0.13	0.17	0.19	0.22*	0.17	0.13	0.06	-0.02	-0.11	-0.28**	-0.28**	-0.27**	-0.26**	-0.25**	-0.24*
	May		0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.20	0.12	0.21	0.15	0.11	0.04	-0.02	-0.27**	-0.28**	-0.28**	-0.27**	-0.27**	-0.25**
	Jun		0.24*	0.24*	0.24*	0.24*	0.23*	0.23*	-0.02	0.04	0.09	0.09	0.06	0.01	-0.15	-0.17	-0.22*	-0.18	-0.20	-0.21
	Jul		0.16	0.23*	0.23*	0.23*	0.23*	0.23*	-0.10	-0.10	-0.05	-0.01	0.00	-0.02	-0.12	-0.13	-0.14	-0.13	-0.15	-0.15
	Aug		0.15	0.17	0.23*	0.22*	0.23*	0.22*	-0.25*	-0.19	-0.18	-0.13	-0.10	-0.09	-0.14	-0.12	-0.12	-0.11	-0.12	-0.13
Dulan	Mar		0.16	-0.04	-0.06	-0.06	0.02	0.10	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09
	Apr		-0.17	-0.12	-0.23*	-0.24*	-0.22*	-0.17	-0.03	0.00	0.02	0.05	0.07	0.08	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
	May		0.07	-0.01	0.00	-0.09	-0.12	-0.12	-0.06	-0.05	-0.03	-0.01	0.02	0.05	0.03	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08
	Jun		0.20	0.19	0.15	0.16	0.12	0.11	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.01	0.04	0.17	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11

Huang-yuan	Jul	-0.02	0.18	0.17	0.14	0.14	0.10	0.01	-0.02	-0.03	-0.02	-0.01	0.01	0.19	0.18	0.16	0.16	0.15	0.14
	Aug	-0.08	-0.06	0.14	0.14	0.10	0.10	-0.02	0.00	-0.01	-0.03	-0.03	-0.03	0.13	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15
	Mar	0.09	0.03	0.04	0.08	0.07	0.08	0.20	0.21*	0.20*	0.16	0.13	0.10	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	Apr	0.08	0.01	-0.03	-0.03	-0.04	-0.06	0.21	0.21	0.20	0.19	0.17	0.14	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	May	0.04	0.06	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00
	Jun	0.03	0.05	0.07	0.04	0.03	0.03	0.13	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01
	Jul	0.06	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04	0.03	0.09	0.11	0.12	0.13	0.13	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
	Aug	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10	0.08	-0.01	0.01	0.06	0.08	0.09	0.10	-0.08	-0.08	-0.07	-0.05	-0.05	-0.04
Gonghe	Mar	0.07	0.05	0.11	0.16	0.12	0.06	0.22*	0.19	0.17	0.16	0.12	0.09	-0.14	-0.12	-0.14	-0.14	-0.13	-0.13
	Apr	0.04	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.30**	0.26**	0.24*	0.22*	0.20	0.15	-0.12	-0.14	-0.13	-0.14	-0.14	-0.13
	May	0.16	0.13	0.11	0.10	0.12	0.12	0.37**	0.36**	0.33**	0.32**	0.30**	0.26**	-0.04	-0.08	-0.12	-0.12	-0.13	-0.13
	Jun	-0.11	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05	0.30**	0.32**	0.32**	0.30**	0.29**	0.27**	-0.02	-0.04	-0.08	-0.11	-0.12	-0.13
	Jul	0.17	0.05	0.09	0.10	0.09	0.09	0.14	0.25*	0.27**	0.28**	0.27**	0.26**	-0.04	-0.04	-0.06	-0.08	-0.11	-0.11
	Aug	0.02	0.12	0.04	0.10	0.11	0.11	0.07	0.11	0.20	0.22*	0.23*	0.23*	-0.05	-0.04	-0.05	-0.06	-0.09	-0.11
	Mar	0.21*	0.15	0.16	0.16	0.09	0.14	0.15	0.12	0.10	0.06	0.01	-0.01	0.05	0.04	0.03	0.01	-0.02	-0.03
	Apr	-0.01	0.10	0.11	0.15	0.16	0.14	0.17	0.16	0.14	0.12	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00	-0.01
Huzhu	May	0.10	0.07	0.13	0.13	0.16	0.16	0.11	0.13	0.12	0.11	0.09	0.07	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
	Jun	0.14	0.13	0.11	0.15	0.15	0.17	0.08	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
	Jul	-0.09	0.00	0.04	0.03	0.07	0.08	0.04	0.05	0.08	0.10	0.10	0.10	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
	Aug	0.21*	0.10	0.11	0.13	0.12	0.14	0.05	0.05	0.08	0.09	0.10	0.11	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
	Mar	-0.07	-0.12	-0.10	-0.11	-0.09	-0.11	0.07	0.06	0.05	0.04	0.02	0.03	-0.06	-0.06	-0.04	-0.02	-0.01	0.00
	Apr	-0.33**	-0.38**	-0.39**	-0.37**	-0.36**	-0.33**	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	-0.04	-0.04	-0.05	-0.03	-0.02	-0.01
	May	-0.13	-0.30**	-0.31**	-0.33**	-0.33**	-0.32**	-0.05	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.08	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.03
	Jun	-0.02	-0.11	-0.23*	-0.26**	-0.28**	-0.28**	-0.03	-0.04	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.08	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05
Minhe	Jul	0.05	0.02	-0.06	-0.17	-0.20	-0.22	0.03	-0.01	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
	Aug	-0.12	-0.05	-0.06	-0.11	-0.19	-0.22	0.08	0.06	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.03	0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05