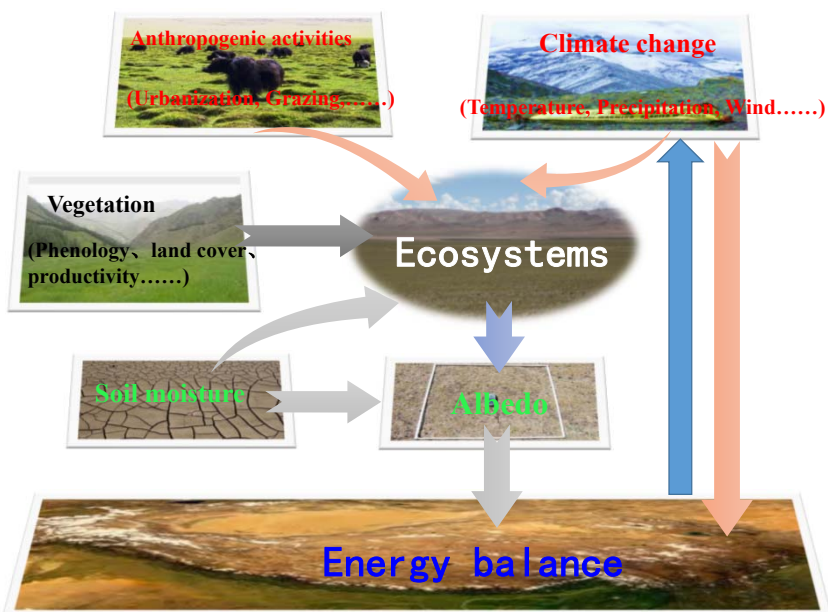


# 放牧对高寒草地生态学碳通量的影响及机理

张扬建

2019年8月08日

## 人类活动和气候变化的影响

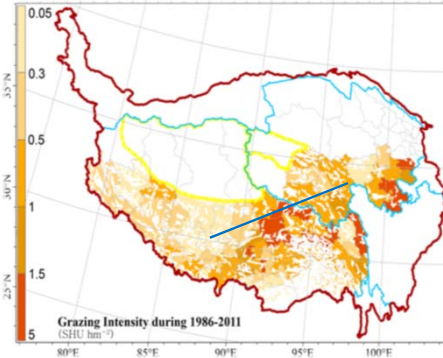
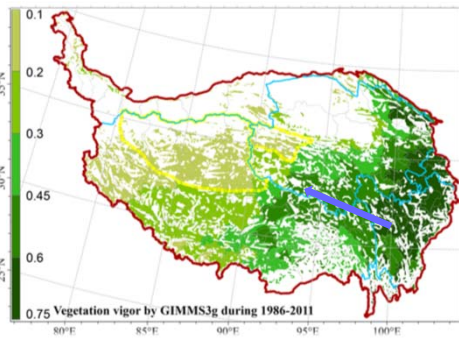


### 区域尺度：植被覆盖度及放牧强度空间格局

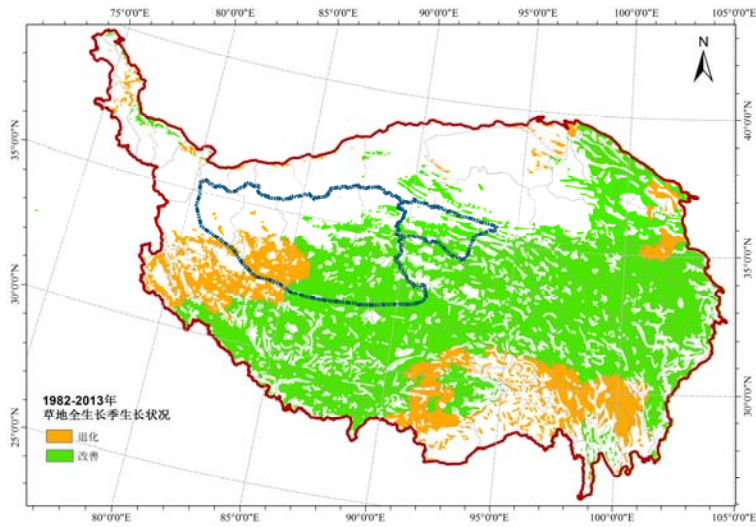
Average Growing season NDVI

- Decrease East->west
- Temporal Stable

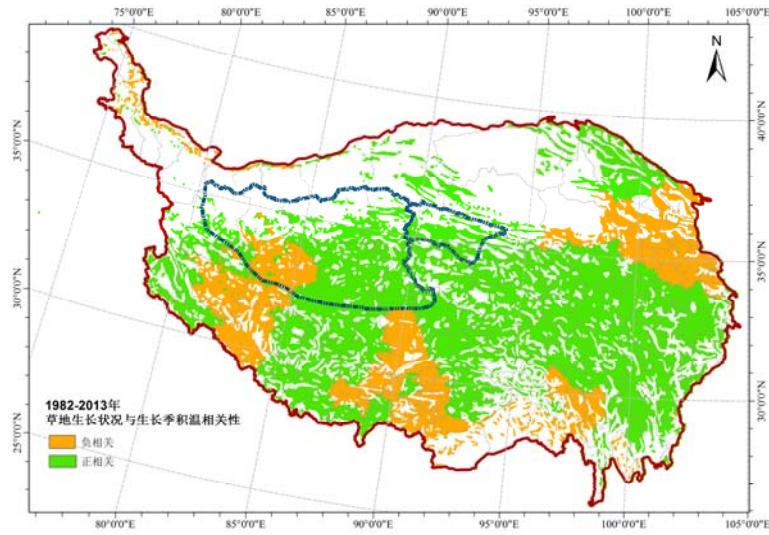
Average Grazing intensity pattern



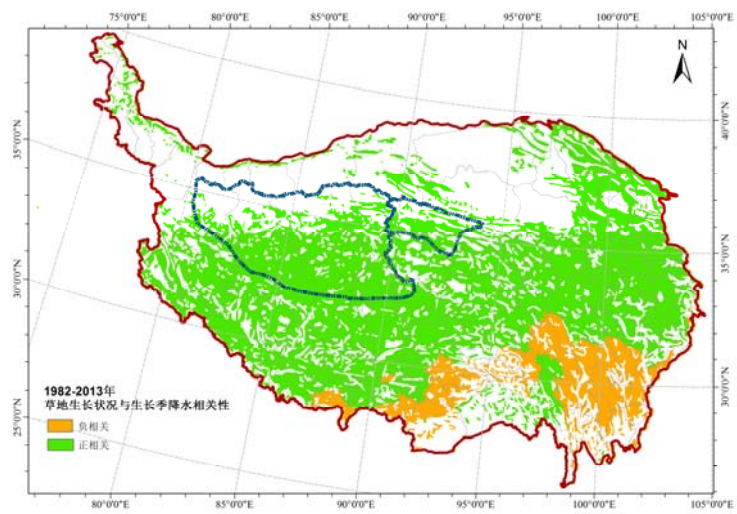
### 区域：植被覆盖度变化的空间格局



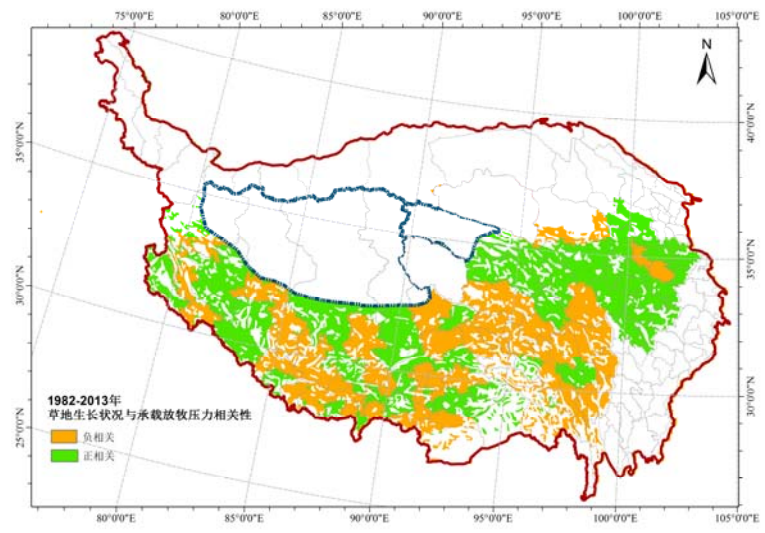
### 区域尺度：温度对植被覆盖度动态的影响



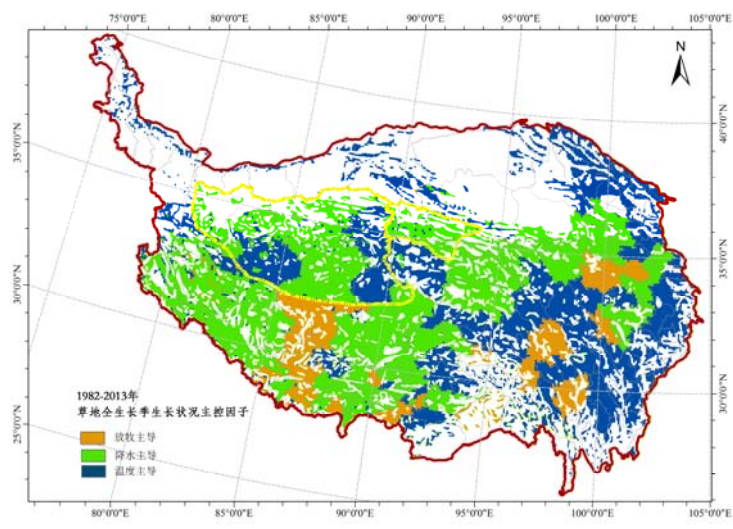
### 区域尺度：降水对和植被覆盖度动态的影响



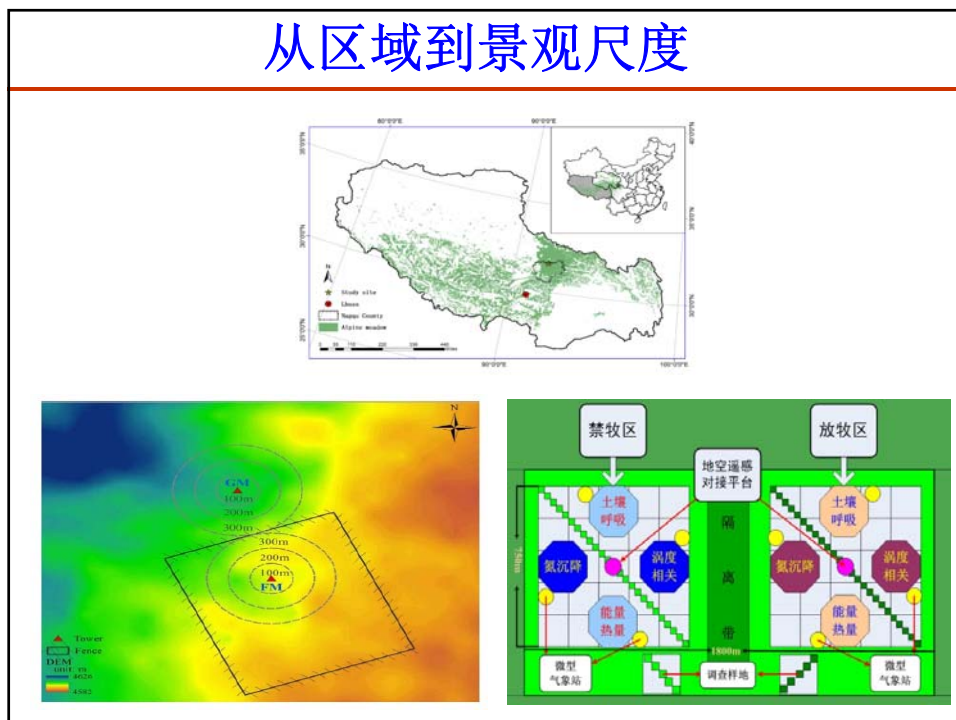
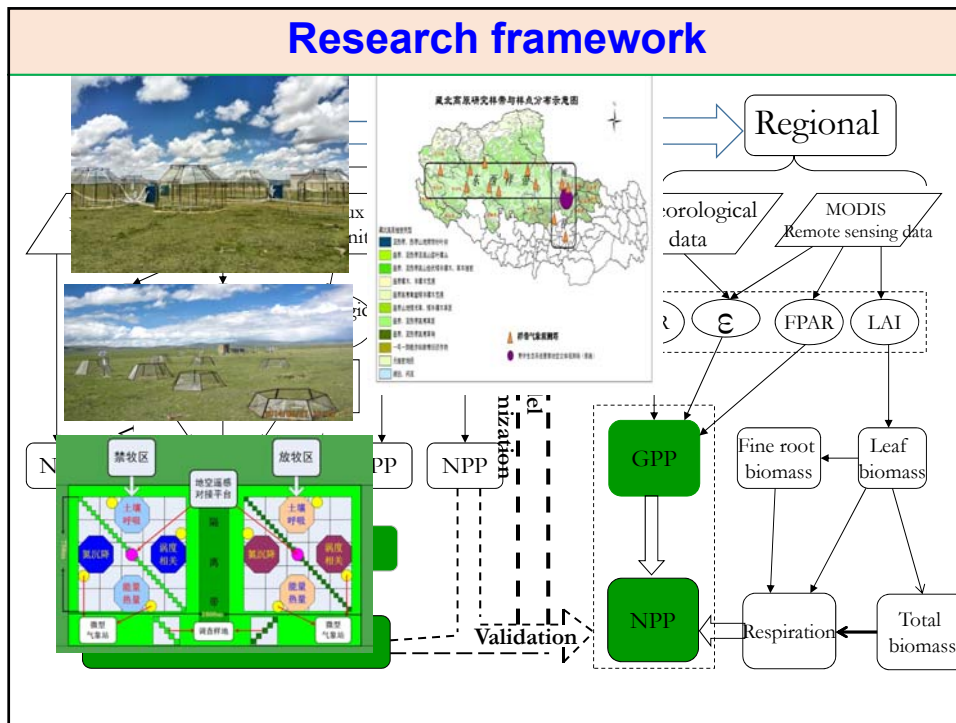
### 区域尺度：放牧强度对植被覆盖度动态的影响



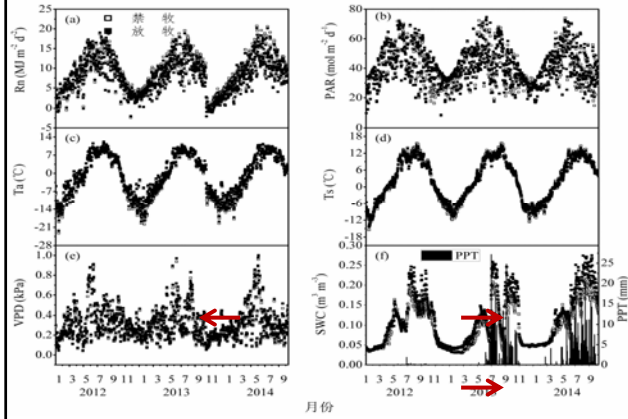
### 区域尺度：放牧强度、温度和降水对植被覆盖度动态的相对贡献率



Huang & Zhang, Remote sensing, 2017

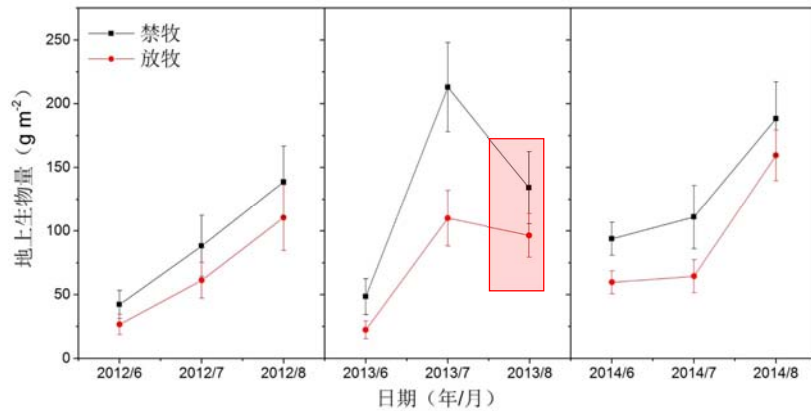


### 放牧对高寒草甸环境要素的影响

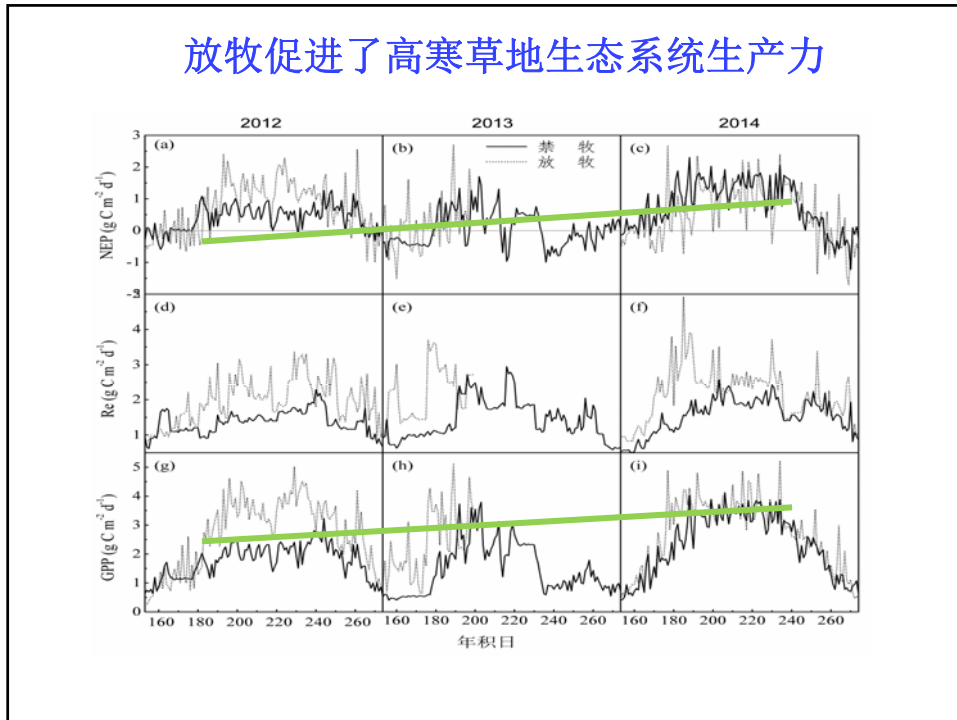


- 辐射水平相近。
- 气温：放牧 > 禁牧
- 土壤温度：生长季禁牧地高，非生长季放牧地高。
- VPD和SWC：放牧 > 禁牧
- 2013年8月的极端干旱导致SWC的持续下降和本年度VPD的第二峰值，水热条件不匹配。

### 放牧改变了地上生物量



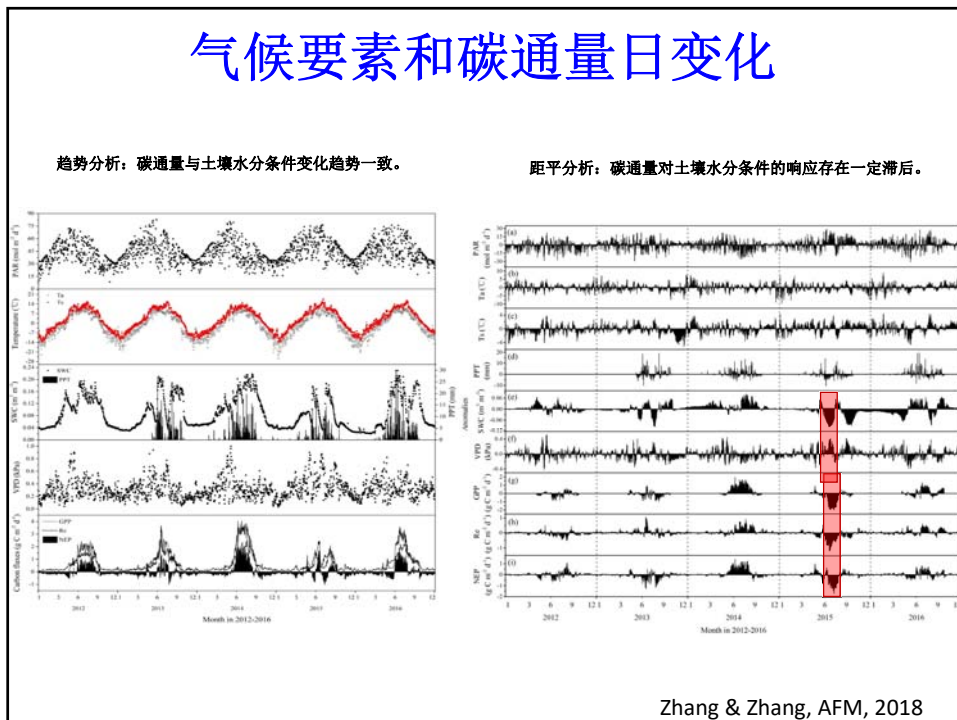
## 放牧促进了高寒草地生态系统生产力



## 气候要素和碳通量日变化

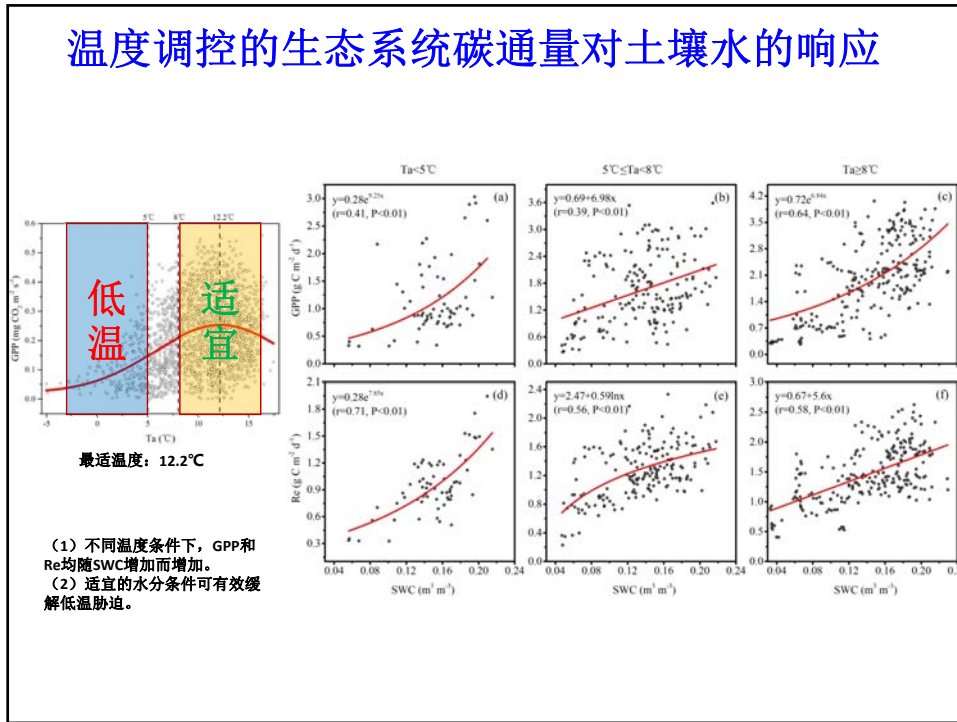
趋势分析：碳通量与土壤水分条件变化趋势一致。

距平分析：碳通量对土壤水分条件的响应存在一定滞后。

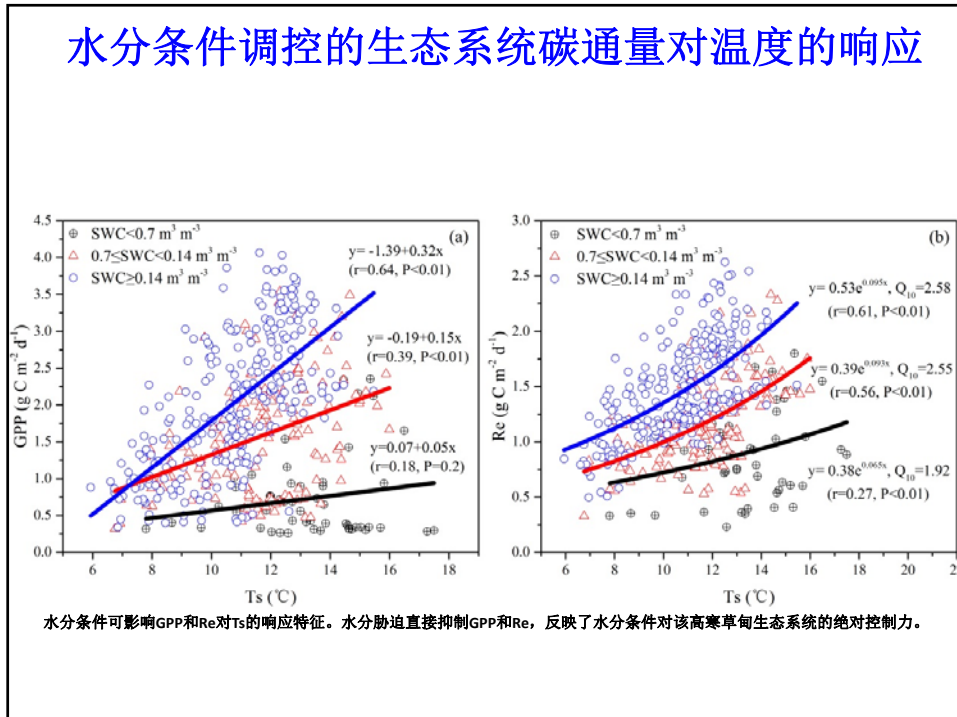


Zhang & Zhang, AFM, 2018

## 温度调控的生态系统碳通量对土壤水的响应

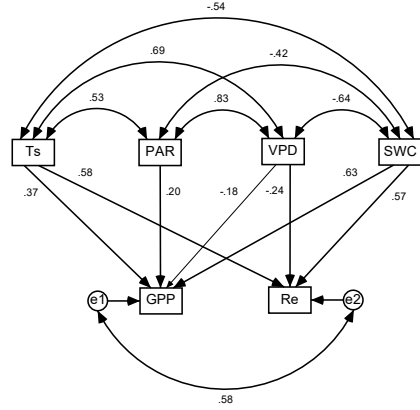
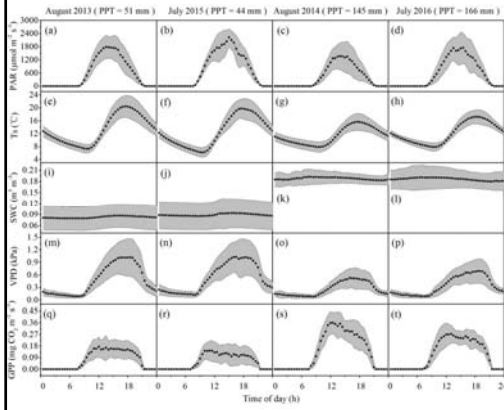


## 水分条件调控的生态系统碳通量对温度的响应





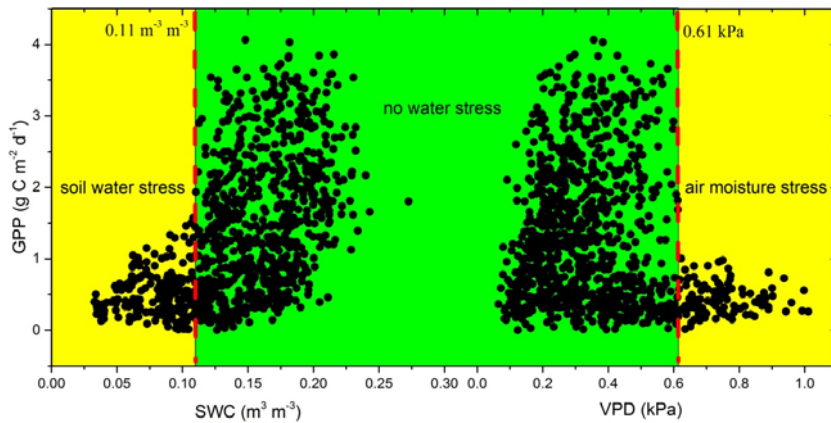
## 高寒生态系统GPP和Re的主控环境要素



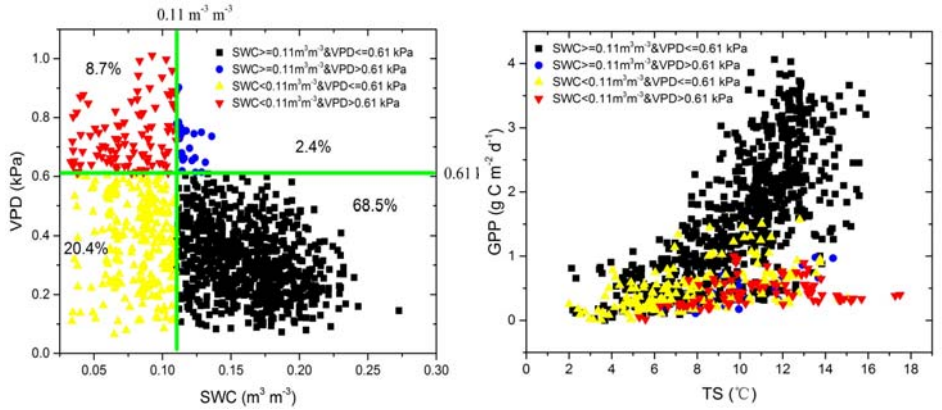
GPP午后抑制现象：湿润季节—水分匮乏；干旱季节—气孔关闭。

GPP主要受SWC控制；Re主要受SWC和Ts共同控制。

## 水分对GPP的限制作用阈值



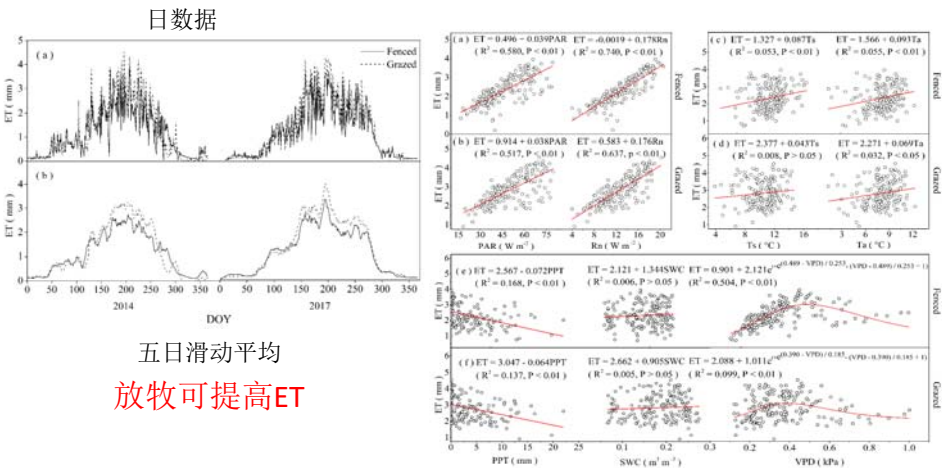
### 水分对GPP的限制作用



无干旱发生概率为68.5%，只发生土壤干旱概率为20.4%，只发生大气干旱概率为2.4%，二者同时发生概率为8.7%。

GPP随TS呈指数趋势变化，但水分条件在其中起到了明显的限制作用。当发生于干旱时，即使TS较高，GPP仍然维持较低水平。其中大气干旱和双重干旱表现出很强的抑制作用，土壤干旱的抑制作用相对较弱。

### 放牧改变了ET对环境要素的响应特征



五日滑动平均  
放牧可提高ET

放牧削弱了ET对温度的依赖性，同时改变了ET对VPD的响应特征：**禁牧地，VPD > 0.489 kPa，ET开始下降。**  
**放牧地，VPD > 0.390 kPa，ET开始下降。**

### 放牧通过改变环境而调控ET

Path-coefficient analysis of the relationships between impact factors and ET in FM.

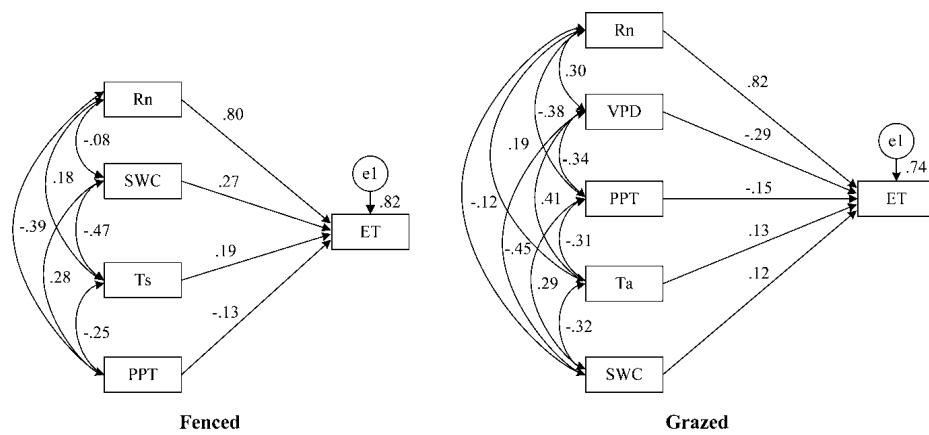
i	$r_{iy}$	$P_{iy}$	$I_{iy}$				$\sum I_{iy}$	$R^2(i)$
			Rn	SWC	Ts	PPT		
Rn	0.86	0.80		-0.02	0.03	0.05	0.06	0.74
SWC	0.08	0.27	-0.06		-0.09	-0.04	-0.19	-0.03
Ts	0.23	0.19	0.14	-0.13		0.03	0.04	0.06
PPT	-0.41	-0.13	-0.31	0.08	-0.05		-0.28	0.09

Path-coefficient analysis of the relationships between impact factors and ET in GM.

i	$r_{iy}$	$P_{iy}$	$I_{iy}$				$\sum I_{iy}$	$R^2(i)$	
			Rn	VPD	PPT	Ta			SWC
Rn	0.80	0.82		-0.09	0.06	0.02	-0.01	-0.02	0.64
VPD	0.01	-0.29	0.25		0.05	0.05	-0.05	0.30	-0.10
PPT	-0.37	-0.15	-0.31	0.10		-0.04	0.03	-0.22	0.09
Ta	0.18	0.13	0.16	-0.12	0.05		-0.04	0.05	0.03
SWC	0.07	0.12	-0.10	0.13	-0.04	-0.04		-0.05	0.01

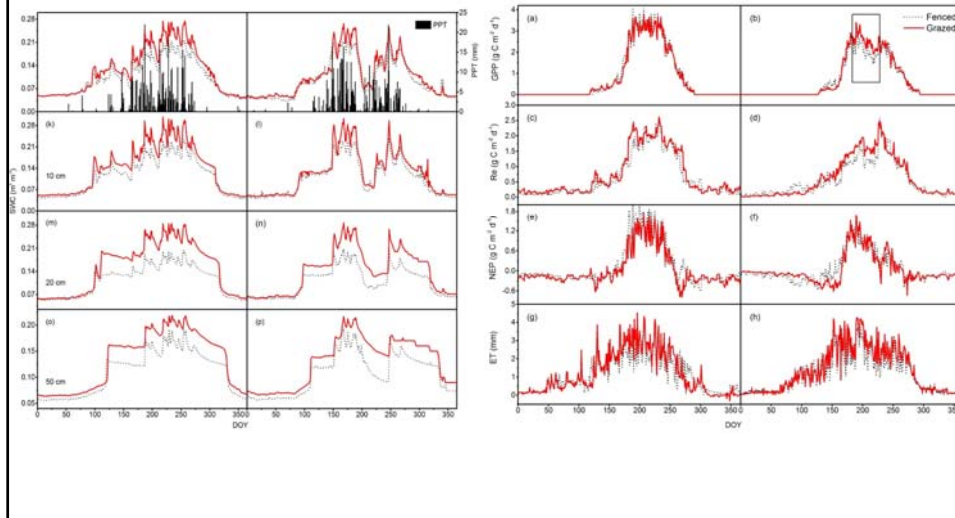
发现RN对ET的直接控制作用最强，而PPT主要通过RN间接影响ET。无论在禁牧地还是放牧地，RN均为主要决定因子，禁牧地SWC为主要限制因子，放牧地VPD为主要限制因子。因此放牧改变了ET的环境控制机制。

### 禁牧和放牧草甸ET的主要限制要素

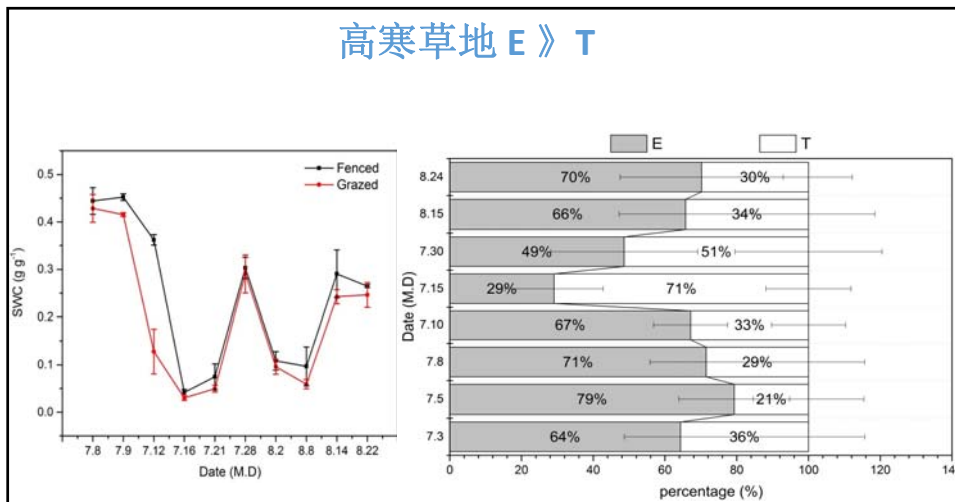


## 放牧对高寒草甸水通量的影响

放牧导致更高的总SWC和ET



## 高寒草地 E ≫ T



烘干法：放牧地土壤表层蒸发（E）更强。

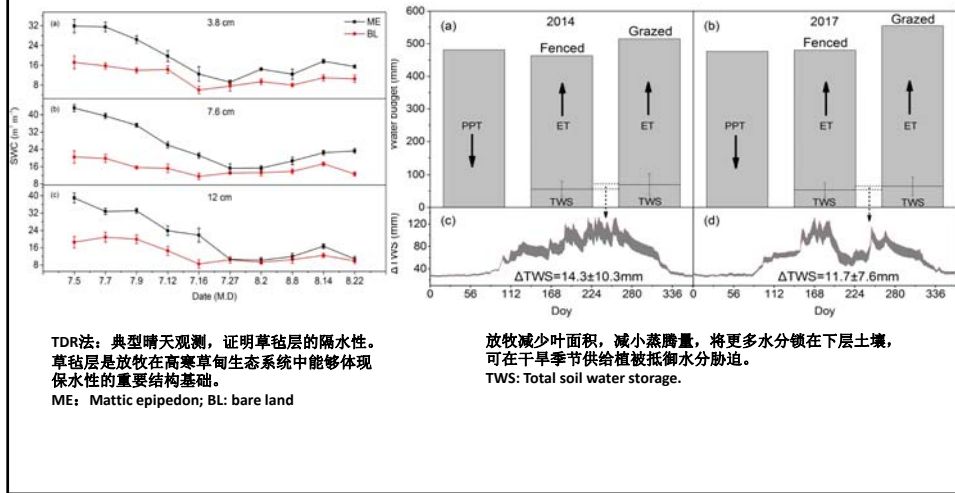
静态箱法：高寒草甸生态系统中E是构成ET的主要组分。

放牧地蒸腾（T）小，SWC高，同时放牧地E大，而E主导ET，因此放牧地也具有更高的ET。

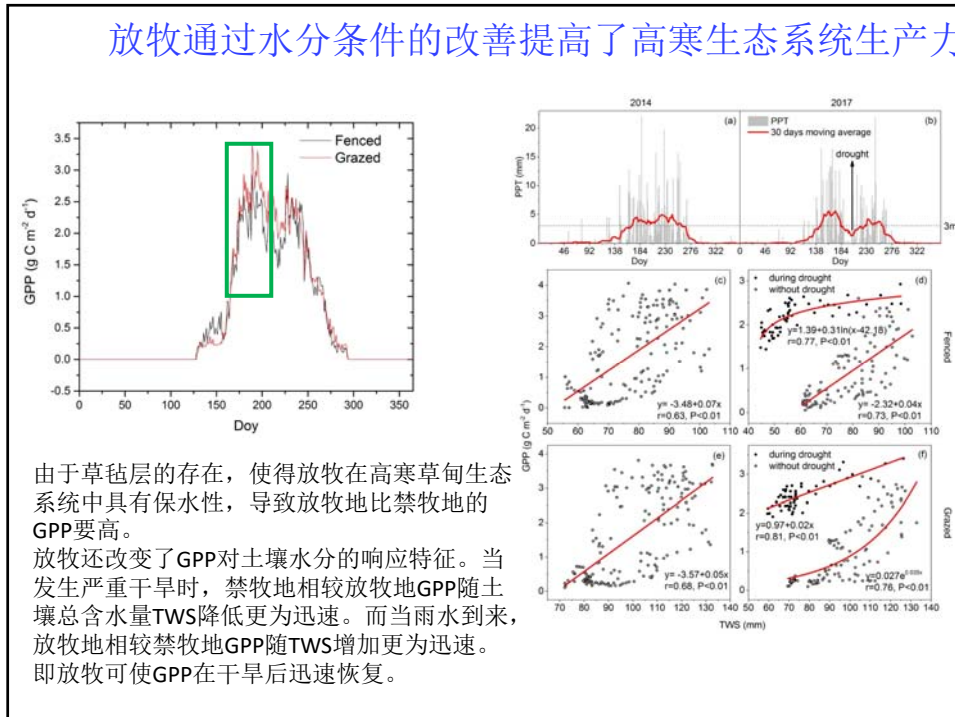
Zhang & Zhang, AFM, 2019

## 放牧改变了E/T的比例

2



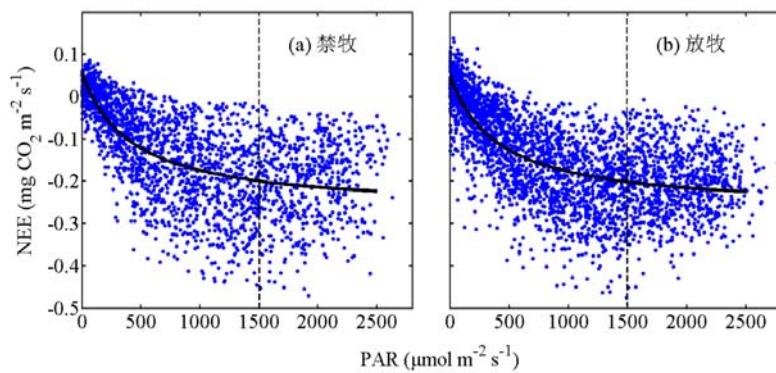
## 放牧通过水分条件的改善提高了高寒生态系统生产力



### 放牧改变了生态系统碳通量对环境要素的响应参数

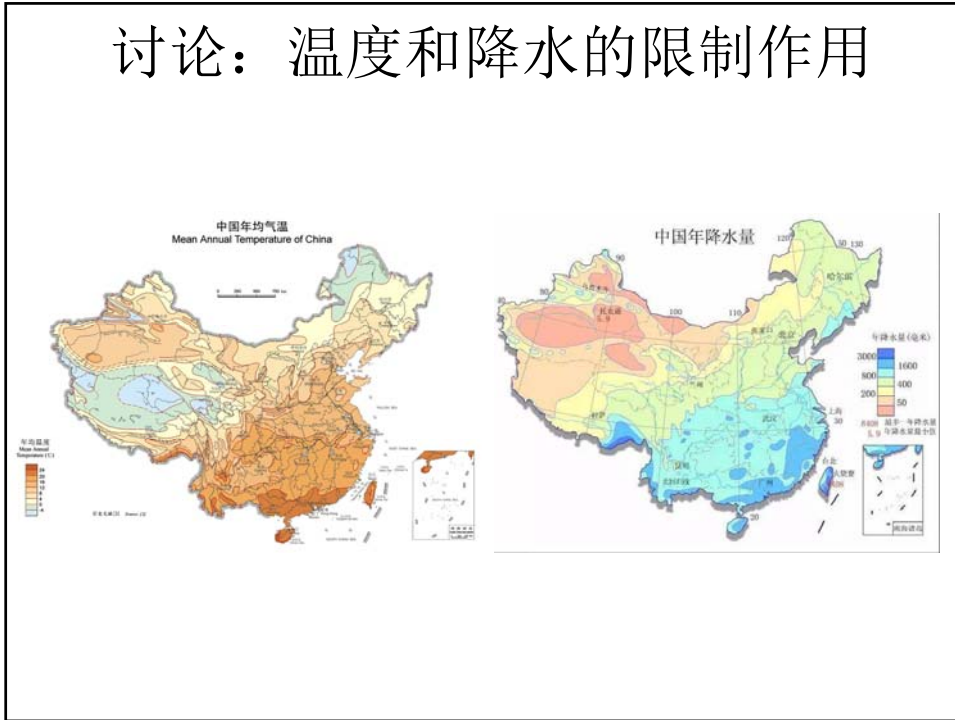
		$\alpha$	$P_{max}$	$R_e$	$T_a$	$VPD$	$T_s$	$SWC$	$R^2$	$P$	数据量
		( $mgCO_2 \mu molPhoton^{-1}$ )	( $mgCO_2 m^{-2} s^{-1}$ )		( $^{\circ}C$ )	(kPa)	( $^{\circ}C$ )	( $m^3 m^{-3}$ )			
Ta<7	禁牧	0.001253	0.23	0.019	5.79	0.22	6.25	0.16	0.66	<0.01	215
	放牧	0.00326	0.25	0.011	5.62	0.20	7.13	0.18	0.58	<0.01	250
7≤Ta<10	禁牧	0.00380	0.25	0.034	8.50	0.40	10.62	0.16	0.42	<0.01	214
	放牧	0.00804	0.29	0.044	8.30	0.34	9.18	0.19	0.41	<0.01	384
10≤Ta<13	禁牧	0.00667	0.24	0.074	11.48	0.55	13.95	0.16	0.49	<0.01	268
	放牧	0.00941	0.35	0.099	11.26	0.51	11.46	0.19	0.41	<0.01	479
Ta≥13	禁牧	0.00629	0.23	0.084	14.50	0.84	17.12	0.17	0.40	<0.01	205
	放牧	0.00947	0.34	0.125	14.59	0.85	15.27	0.19	0.39	<0.01	457
SWC<0.13	禁牧	0.00278	0.22	0.036	8.66	0.46	12.28	0.11	0.40	<0.01	168
	放牧	0.00444	0.24	0.021	9.19	0.36	10.13	0.12	0.33	<0.01	82
0.13≤SWC<0.18	禁牧	0.00350	0.23	0.036	9.46	0.54	11.93	0.16	0.51	<0.01	478
	放牧	0.00482	0.31	0.037	10.05	0.56	11.68	0.16	0.46	<0.01	602
0.18≤SWC<0.23	禁牧	0.00500	0.20	0.034	10.88	0.44	12.30	0.19	0.53	<0.01	256
	放牧	0.00557	0.27	0.035	10.86	0.53	11.27	0.21	0.44	<0.01	586
SWC≥0.23	禁牧	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	放牧	0.00748	0.22	0.024	11.04	0.45	11.02	0.24	0.40	<0.01	295
VPD<0.3	禁牧	0.00277	0.26	0.023	5.57	0.17	7.62	0.16	0.53	<0.01	270
	放牧	0.00484	0.29	0.017	6.52	0.18	8.24	0.19	0.45	<0.01	425
0.3≤VPD<0.6	禁牧	0.00574	0.25	0.065	10.19	0.44	11.63	0.16	0.42	<0.01	316
	放牧	0.01204	0.36	0.115	10.47	0.45	10.49	0.20	0.38	<0.01	578
0.6≤VPD<0.9	禁牧	0.00800	0.27	0.104	12.12	0.75	15.42	0.16	0.46	<0.01	222
	放牧	0.01054	0.38	0.144	12.54	0.72	13.23	0.19	0.41	<0.01	357
VPD≥0.9	禁牧	0.00485	0.23	0.079	14.32	1.03	18.73	0.15	0.54	<0.01	94
	放牧	0.00777	0.33	0.113	15.26	1.05	16.73	0.18	0.40	<0.01	205

### 放牧地的光合能力和光合效率都要高于禁牧地

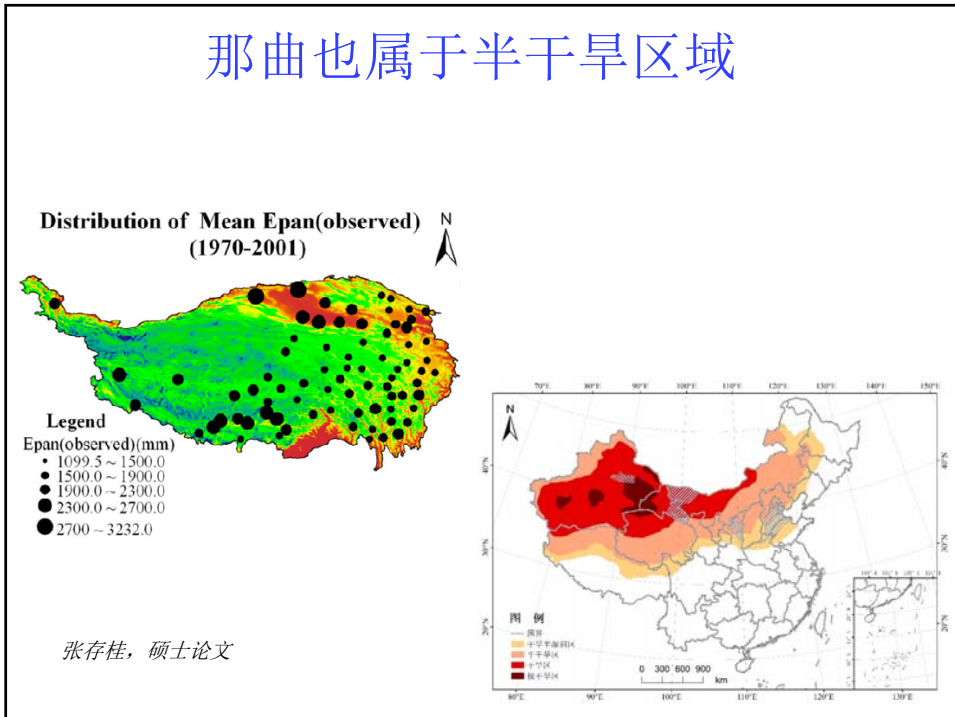


- 光饱和点: 1500  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$  PAR。
- 禁牧地的 $\alpha$ 为0.000797  $mgCO_2 \mu molPhoton^{-1}$ ,  $P_{max}$ 为0.319  $mgCO_2 m^{-2} s^{-1}$ 。
- 放牧地的 $\alpha$ 为0.000801  $mgCO_2 \mu molPhoton^{-1}$ ,  $P_{max}$ 为0.326  $mgCO_2 m^{-2} s^{-1}$ 。

# 讨论：温度和降水的限制作用



## 那曲也属于半干旱区域



张存桂, 硕士论文

## 结论:

- 气候变化是青藏高原高寒草地生态系统生产力时空动态的主要驱动要素
- 生长季水分决定了生态系统生产力大小
- 放牧通过改变水分条件和生态系统对环境要素的响应参数而促进高寒草地生态系统生产力



谢谢