

Decreasing CO₂ emission

减少二氧化碳的排放

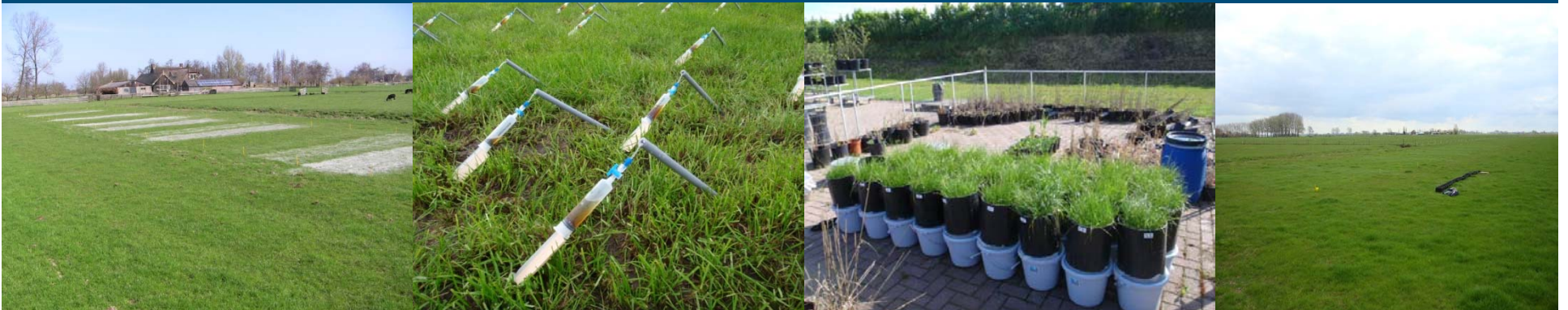
possibilities of silicates in agriculture for climate targets

论将硅酸盐运用于农业并在气候方面达到相应目标的可行性

Alterra, Wageningen University and Researchcentre, for Nova Saxum

阿尔特拉瓦赫宁根大学Nova Saxum

René Rietra



Content

目录

- Intro into process
- 对过程的简要介绍
- Experiments
- 试验
- Results
- 结果
- Conclusions
- 结论



Introduction

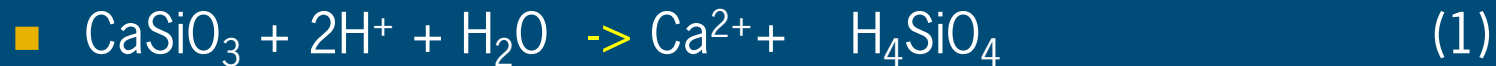
简介

- Rock flour is an alternative for agricultural lime without CO₂ emission
- 岩粉是农用石灰的一种替代品，且在使用过程中不会释放二氧化碳
- Rock flour can enhance soil pH and HCO₃ and therefore bind CO₂(g)
- 岩粉可增大土壤的pH值与HCO₃值，从而结合CO₂(气体)
- Rock flour can replace fertilizers (for example: K, Mg)
- 岩粉可替代某些肥料（比如：钾肥、镁肥）

Introduction process of CO₂ binding (1)

简介：二氧化碳的结合过程（1）

- For example wollastonite (CaSiO₃)
- 比如：硅酸钙岩矿 (分子式：CaSiO₃)



Reaction 1 no CO₂ binding, but saving CaCO₃: 0 C per 1 Ca
反应1未结合二氧化碳，但储存了碳酸钙：每单位钙结合零单位碳

Reaction 2 will bind CO₂ from the air: 2 C per 1 Ca
反应2可结合空气中的二氧化碳：每单位钙结合两个单位的碳

Introduction process of CO₂ binding (2)

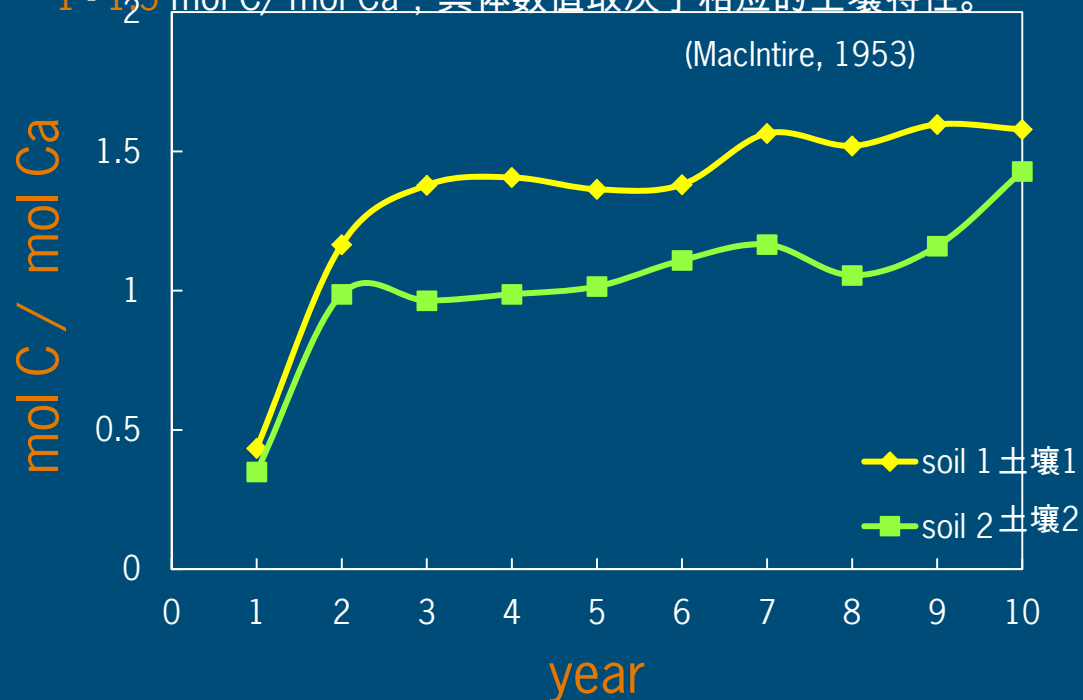
简介：二氧化碳的结合过程（2）

■ In practice: both reaction 1 and 2:

1 - 1.5 mol C/ mol Ca, depending on soil.

实际操作中：反应1与反应2均可实现

1 - 1.5 mol C/ mol Ca，具体数值取决于相应的土壤特性。



Soil pH 5 → pH 8
土壤pH 5 → pH 8

CO₂ binding-> no factory is needed!

对于二氧化碳的结合->无需建立工厂！

Introduction less CO₂ emission

简介：减少二氧化碳的释放量

- Rock flour as an alternative for agricultural lime.
- 岩粉可以作为替代农用石灰的替代品。



未释放二氧化碳



释放二氧化碳

Relevant for example for Brazil:

比利时的相关数值实例：

C emission by energy:	313000 Gg CO ₂
因使用能源造成的碳释放：	313000 Gg CO ₂
C emission by liming agricultural soil	9000 Gg CO ₂ (2.5%)
因在土壤中施加农用石灰造成的碳释放：	9000 Gg CO ₂ (2.5%)

Less CO₂ emission by rock flour -> simple ?

利用岩粉减少二氧化碳的释放量->简单吗？

Experiments

试验

- Standard tests for soil quality-Leaching tests
- 检测土壤质量的标准测试-渗透测试
- Standard tests for agriculture
- 农业方面的标准测试
- Field experiments
- 田间试验
- Lysimeters
- 测渗计
- Incubation test
- 培养测试
- Additional experiments:
- 追加试验：
 - Decay soil organic matter due to olivine
 - 因橄榄石的存在，土壤有机物质的衰败
 - Weathering of olivine at low pH
 - 低PH条件下，橄榄石的侵蚀情况

Results Standard tests for soil quality

结果：土壤质量的标准测试的结果

- NEN 7343 Column test
- NEN 7343 柱测试
- NEN 7341 Availability test
- NEN 7341 可用性测试

	Colomntest柱测验 (mg kg ⁻¹) (毫克每千克)			Availability test可用性测验 (mg kg ⁻¹) (毫克每千克)	
	1	2	Norm 标准值	1	2
pH	7.1	8.5		9.8	9.7
Cr	<0.05	<0.05	0.63	<0.50	<0.50
Ni	<0.05	<0.05	0.44	25	27

- olivine can increase Ni content in soil.
- 橄榄石可以增加土壤中的镍含量。

Results Standard tests for agriculture

结果：农业方面的标准测试的结果

- EN 12945 neutralizing value (NW)
- EN 12945 中和值 (净值)
- EN 13971 reactivity
- EN 13971 反应度

Material 材料	NW (as CaCO ₃) 净值 (以碳酸钙计算)	Reactivity 反应度
Lime 石灰石	98%	67%
Rock flour Olivine 橄榄石岩粉	36%	3.1%
Rock flour eclogiet 榴辉岩岩粉	<1%	0%
Rock flour syeniet 黑花岗石岩粉	7%	100%

- olivine can neutralize acid, but slow relative to lime.
- 橄榄石可中和酸，但与石灰石相比，反应速度较慢。

Results incubation tests rock flour in soil

结果：在土壤中加入岩粉，进行培养测试的结果

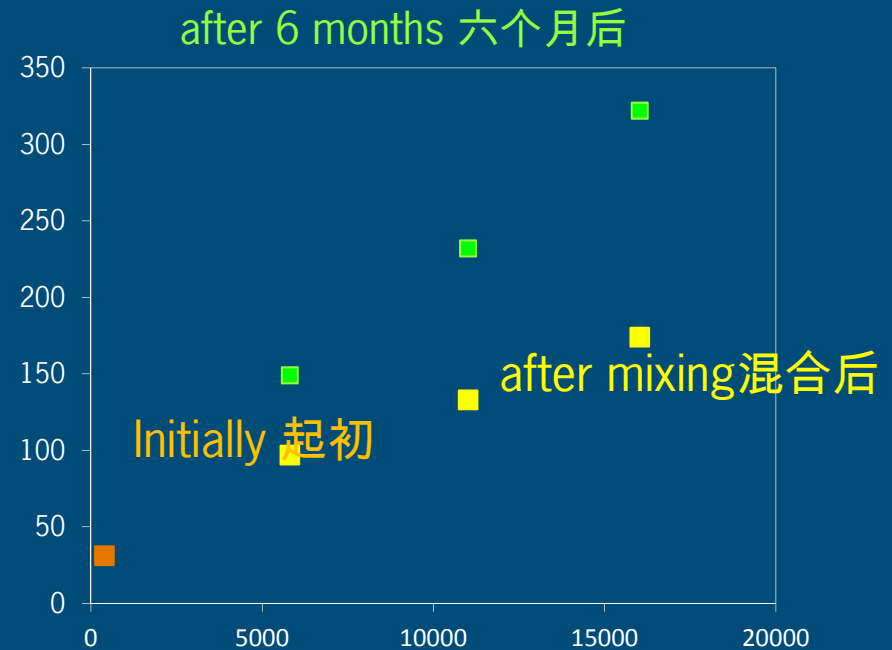
Addition of
2, 4 and 6%

rock flour in soil

在土壤中分别加入2、4与
6%的岩粉

CaCl₂ extractable Mg (mg/kg)

CaCl₂ 可提取的 Mg (mg/kg)



Mg content (mg/kg)

镁含量 (毫克/千克)

- increase of available Mg in soil
- 土壤中可用镁含量的增多

Results field experiment

结果：田间试验结果

- Starting points:
- 出发点：
 - Treatments are compared to standard fertilisation with lime and Mg
 - 使用石灰石和镁肥进行标准施肥，对相应的肥效进行比较
 - Olivine: a model for rock flour (one mineral!).
 - 橄榄石：岩粉原料的一个范例（一种矿物质！）。
 - rock flour as a realistic scenario
 - 可以将岩粉视作一种可行方案

Results field experiment

结果：田间试验结果

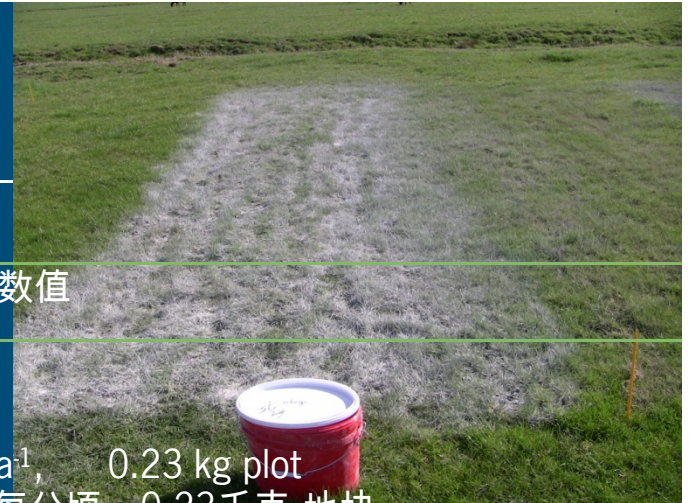
7 treatments, 3 times: 21 plots
七种处置方式，进行三次试验：共二十一个地块



- 1 lime 石灰石
- 2 olivine 2 橄榄石2
- 3 rock flour 岩粉
- 4 reference 对照组
- 5 kieserite 硫酸镁石
- 6 olivine 1 橄榄石1
- 7 olivine 3 橄榄石3
- 8 olivine 1 橄榄石1
- 9 kieserite 硫酸镁石
- 10 olivine 3 橄榄石3
- 11 lime 石灰石
- 12 rock flour 岩粉
- 13 reference 对照组
- 14 olivine 2 橄榄石2
- 15 rock flour 岩粉
- 16 kieserite 硫酸镁石
- 17 olivine 1 橄榄石1
- 18 olivine 2 橄榄石2
- 19 olivine 3 橄榄石3
- 20 reference 对照组
- 21 lime 石灰石

Results field experiment

结果：田间试验结果



	Treatment处置方式	amounts数值
A	Reference 对照组	
B	Kieserite ($MgSO_4$) 硫酸镁石(硫酸镁)	125 kg ha ⁻¹ , 0.23 kg plot 125千克每公顷, 0.23千克 地块
C	lime ($CaCO_3$ $MgCO_3$) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	2111kg ha ⁻¹ , 3.8 kg plot 2111千克每公顷, 3.8千克 地块
D	Olivine 1 (Mg_2SiO_4) 橄榄石1 (硅酸镁)	215 kg ha ⁻¹ , 0.38 kg plot 215千克每公顷, 0.38千克 地块
E	Olivine 2 橄榄石2	2111 kg ha ⁻¹ , 3.8 kg plot 2111千克每公顷, 3.8千克 地块
F	Olivine 3 橄榄石3	8333 kg ha ⁻¹ , 15 kg plot 8333千克每公顷, 15千克 地块
G	Rock flour 岩粉	8333 kg ha ⁻¹ , 15 kg plot 8333千克每公顷, 15千克 地块

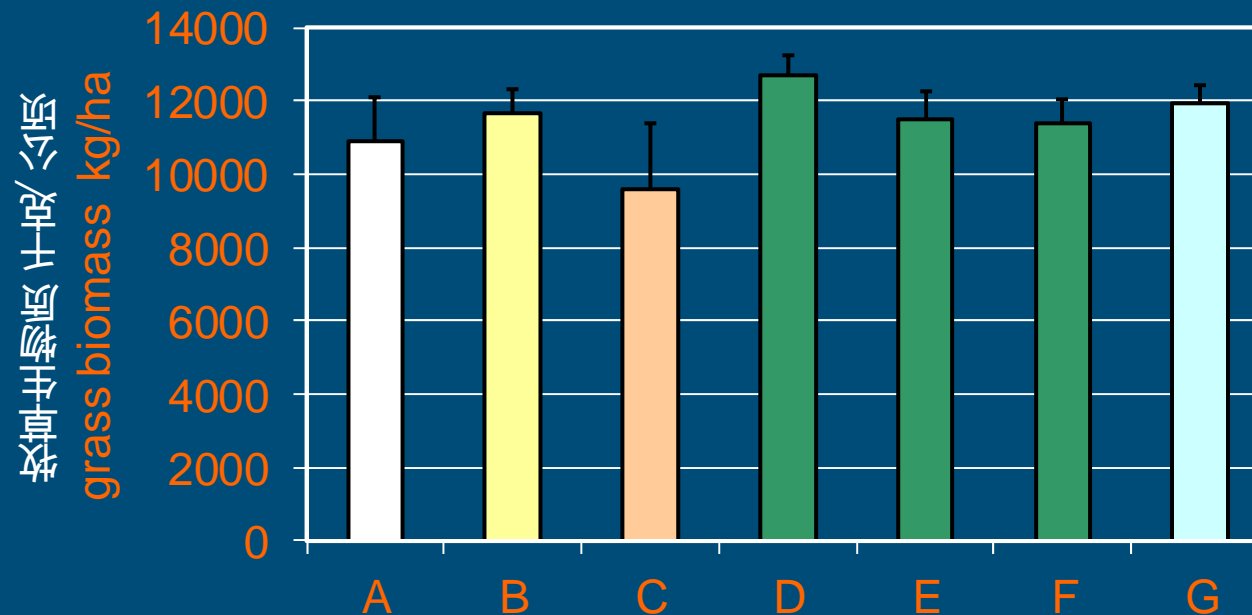
Optimal gift of N and K, no P (Chile saltpeter and KCl)

最佳效果是可以提供氮与钾, 不含磷 (智利硝石与氯化钾)

Results field experiment

结果：田间试验结果

- Effect on grass growth (five harvests in 1 year).
- 对牧草生长的影响（一年收获五次）



- as expected Mg has no effect on grass growth.
- 与试验预期相符，镁对牧草的生长无任何影响。

Results field experiment

结果：田间试验的结果

- Effect on Mg content of grass
- 对牧草内镁含量的影响 target is 2 to 3 g/kg ds 目标值是2-3 g/kg ds

Mg content (std) 镁的含量 (std)

Reference 对照组	2.0 (0.2)
Kieserite (MgSO ₄) 硫酸镁石(硫酸镁)	2.2 (0.1)
lime (CaCO ₃ MgCO ₃) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	2.2 (0.1)
Olivine 1 (Mg ₂ SiO ₄) 橄榄石1 (硅酸镁)	2.2 (0.04)
Olivine 2 橄榄石2	2.3 (0.1) *
Olivine 3 橄榄石3	2.7 (0.2) **
Rock flour 岩粉	2.3 (0.01)*

- olivine has a good result on Mg in grass
- 针对牧草内的镁含量，橄榄石所得试验数据令人满意

Results field experiment

结果：田间试验的结果

- Effect on Ni content (mg/kg) of grass
- 对牧草内镍含量（毫克/千克）的影响

	Ni content (std) 镍含量 (std)
Reference 对照组	1,4 (0,5)
Kieserite (MgSO ₄) 硫酸镁石(硫酸镁)	1,2 (0,4)
lime (CaCO ₃ MgCO ₃) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	1,5 (0,4)
Olivine 1 (Mg ₂ SiO ₄) 橄榄石1 (硅酸镁)	1,5 (0,7)
Olivine 2 橄榄石2	2,0 (0,7)
Olivine 3 橄榄石3	4,1 (1,9) **
Rock flour 岩粉	1,2 (0,3)

- olivine has an effect on Ni in grass
- 橄榄石对牧草内的镍含量可以起到一定影响

Results field experiment

结果：田间试验

- Effect of treatments on soil
- 各种处置方式对土壤造成的影响

	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	Mg CaCl ₂ g/kg	Ni CaCl ₂ mg/kg
Reference 对照组	5.3 (0.05)	4.4	0.4	0.2
Kieserite (MgSO ₄) 硫酸镁石(硫酸镁)	5.2 (0.1)	4.3	0.4	0.2
lime (CaCO ₃ MgCO ₃) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	5.3 (0.1)	4.8*	0.5	0.2
Olivine 1 (Mg ₂ SiO ₄) 橄榄石1 (硅酸镁)	5.3 (0.1)	4.4	0.4	0.2
Olivine 2 橄榄石2	5.3 (0.1)	4.4	0.5	0.3
Olivine 3 橄榄石3	5.5 (0.2)**	4.7*	0.7	0.6
Rock flour 岩粉	5.6 (0.1)**	4.7*	0.4	0.2

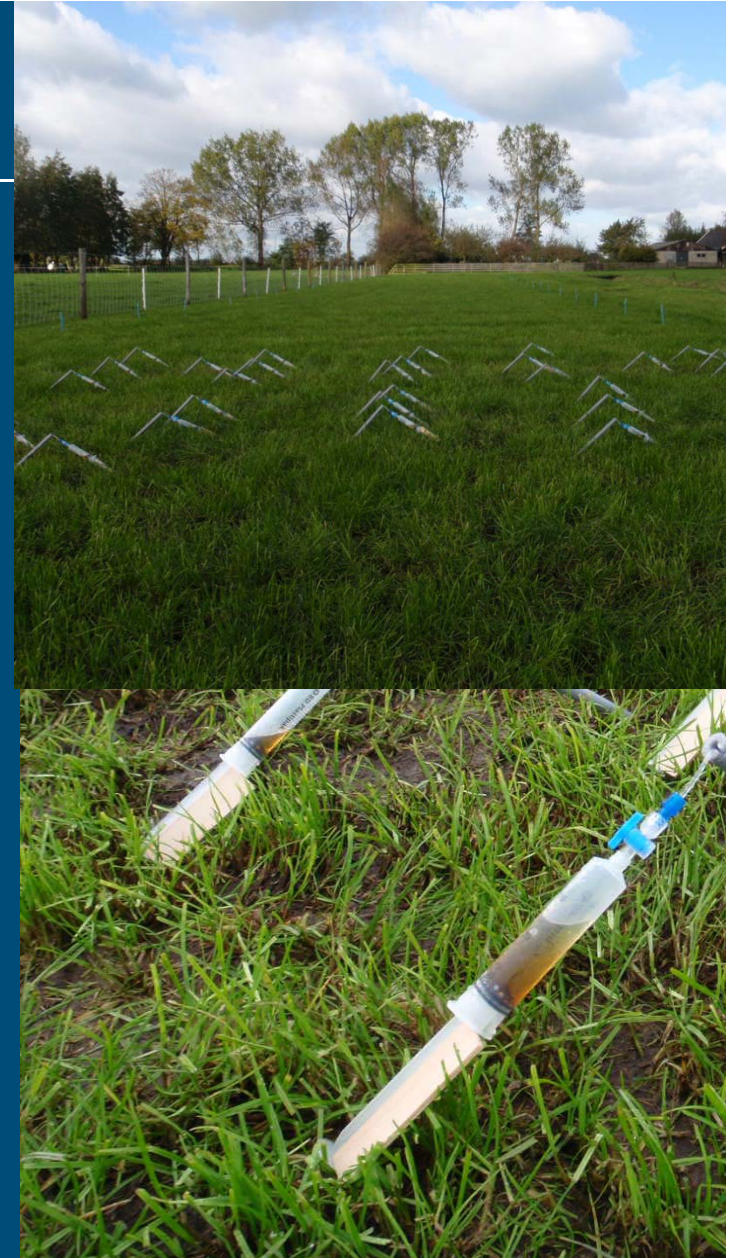
- effect olivine and rock flour on Mg, Ni and pH!
- 橄榄石与岩粉对镁、镍与pH值的影响!

Results field experiment

结果：田间试验结果

- Effect on soil solution *in situ*
- 对现场土壤溶液的影响
 - 4 samples per plot
 - 每个地块选取四组样本
 - Each sample is made up of 5 cups
 - 每组样本包含五杯溶液

	Reference 对照组	Olivijn 3 橄榄石3
pH	5.1 (0.1)	5.3 (0.1) **
Mg (mg/l)	11 (2)	16 (3) **



Results lysimeters

结果：测渗计结果



■ Analyses percolate

■ 渗透分析

- Very small increase of pH and HCO_3 (at 20 cm depth)
- pH值与 HCO_3 值有着小幅度的增大（深度选取为20厘米）

Conclusions 1/3

总结 1/3

- Predicting pH effect: neutralizing value (NW)
- 预测pH效果：中和值（净值）

	added NW value 净值增长的数值	pH _{CaCl2}	
Reference 对照组	0	4.4	
Kieserite (MgSO ₄) 硫酸镁石(硫酸镁)	0	4.3	
lime (CaCO ₃ MgCO ₃) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	1267	4.8*	←
Olivine 1 (Mg ₂ SiO ₄) 橄榄石1 (硅酸镁)	43	4.4	
Olivine 2 橄榄石2	422	4.4	←
Olivine 3 橄榄石3	1666	4.7*	
Rock flour 岩粉	417	4.7*	

- pH effect olivine is as almost as expected. Note rock flour.
- 橄榄石对pH的影响与预测情况基本一致。请注意岩粉对应的数值。

Conclusions 2/3

总结2/3

- Effects of olivine on Mg in grass are significant.
- 橄榄石对牧草中镁含量的影响十分显著。

	Mg gift 含镁量	Mg grass 牧草中镁含量	
Reference 对照组	0	2.0 a	
Kieserite (MgSO ₄) 硫酸镁石(硫酸镁)	20	2.2 ab	
lime (CaCO ₃ MgCO ₃) 石灰石 (碳酸钙 , 碳酸镁)	232	2.2 ab	
Olivine 1 (Mg ₂ SiO ₄) 橄榄石1 (硅酸镁)	59	2.2 ab	←
Olivine 2	583	2.3 b	
橄榄石2 Olivine 3 橄榄石3	2300	2.7 c	←
Rock flour 岩粉	15	2.3 b	

- 59 Mg from olivine is as affective as 20 Mg from kieserite
- 橄榄石中的59单位镁与硫酸镁石中的20单位镁，其效果基本相同

Conclusions 3/3

总结3/3

- Emission of CO_2 from the use of agricultural lime was prevented by using olivine / rock flour.
- 因使用农业石灰而导致的二氧化碳排放，可以通过采用橄榄石/岩粉，对该过程进行阻止。

Prediction in time is still unknown: experiment is continued in 2011 en 2012. There was no relevant CO_2 binding (transport of HCO_3).

对未来的预测仍属未知因素：试验将持续到2011年和2012年。未产生相应的二氧化碳结合（ HCO_3 的转化）。

- For the future: predicting the nutrient and pH effect of various rock flours (mixtures).
- 未来需要完成：预测不同岩粉（混合物）的营养效果与pH效果。

Thank you for your attention,
questions?

感谢您的关注
敬请提问

We also thank :

致谢 :

- Arcadis,
- proefboerderij Zegveld
- Zegveld示范农场
- de heer en mevr. Voorend
- Voorend先生和夫人
- Province of Utrecht
- 乌得勒支省

© Wageningen UR

