

# **SPORULAZIONE**

**Rappresenta il fenomeno meglio studiato per il differenziamento nel mondo dei microrganismi**

**La sua caratteristica principale è data da una organizzazione ed una coordinazione spaziale e temporale dell'espressione dei geni coinvolti in ciascuna fase.**

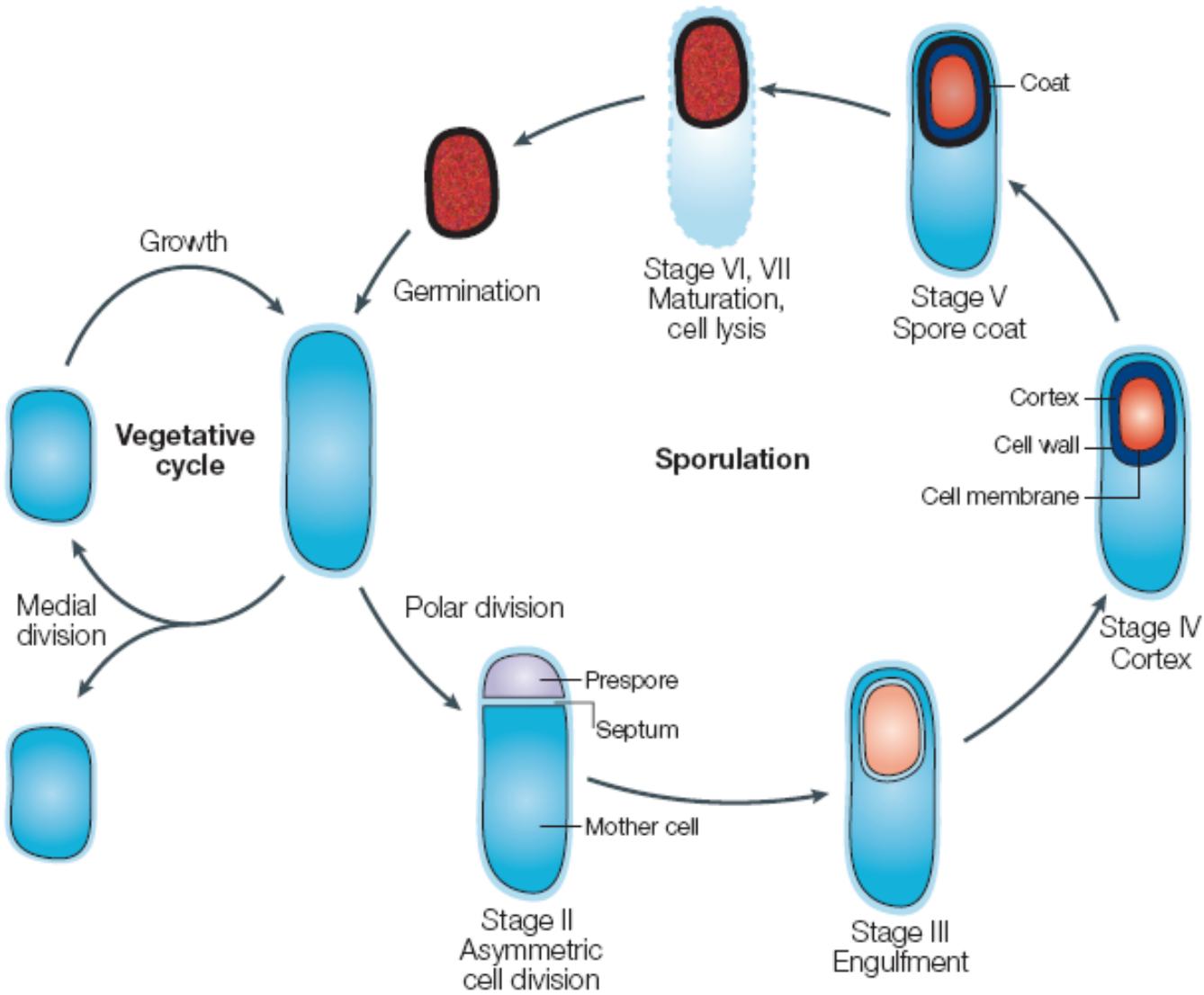
**Tutto il processo si basa sull'espressione differenziale di fattori  $\sigma$  differenti che attivano la trascrizione di pattern genici differenti**

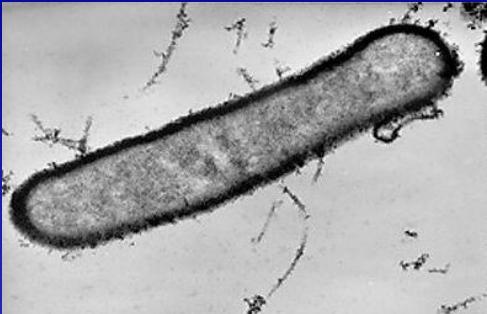
**Le cellule procariotiche sono in grado di esprimere fattori  $\sigma$  differenti in condizioni ambientali diverse o in risposta a determinati stimoli**

**La prevalenza di un fattore  $\sigma$  su un altro determina l'espressione di pattern diversi di geni.**

**Questi possono determinare profondi cambiamenti nella fisiologia e nella struttura della cellula**

# SPORULAZIONE

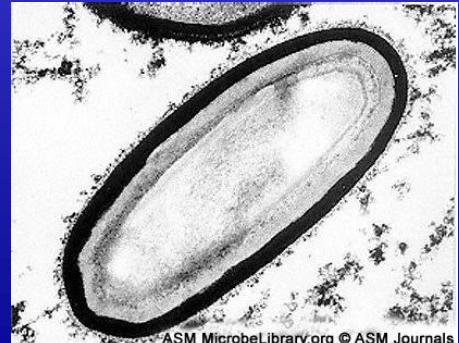




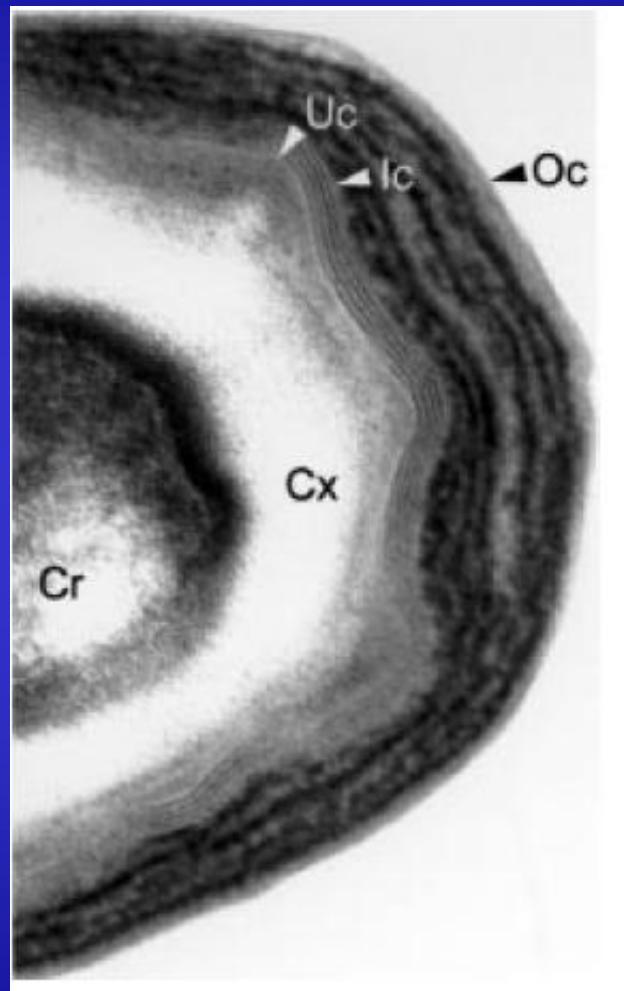
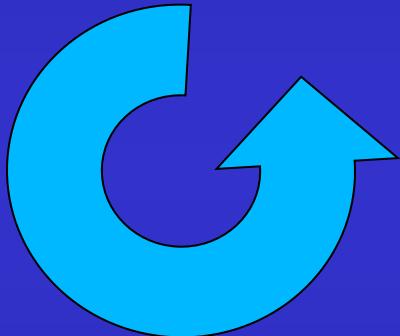
ASM MicrobeLibrary.org © Stahly



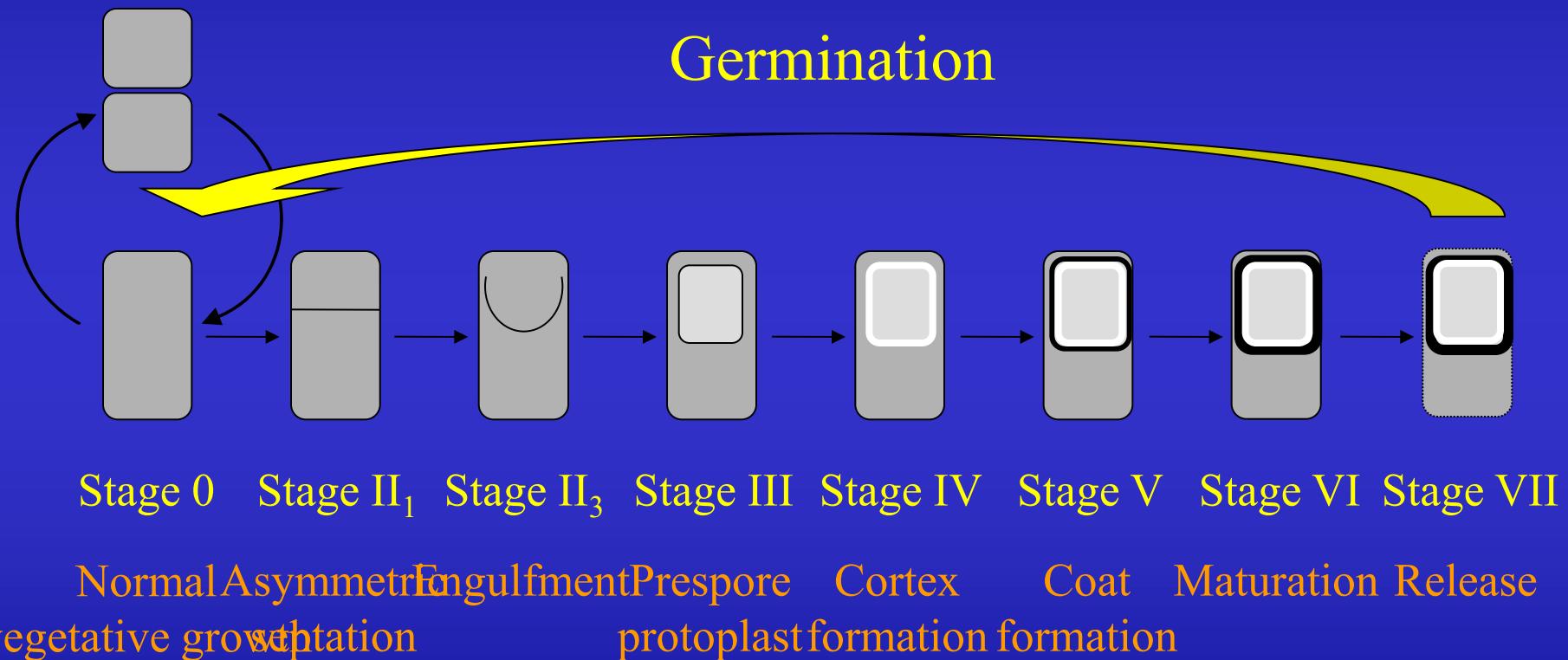
ASM MicrobeLibrary.org © Stahly



ASM MicrobeLibrary.org © ASM Journals

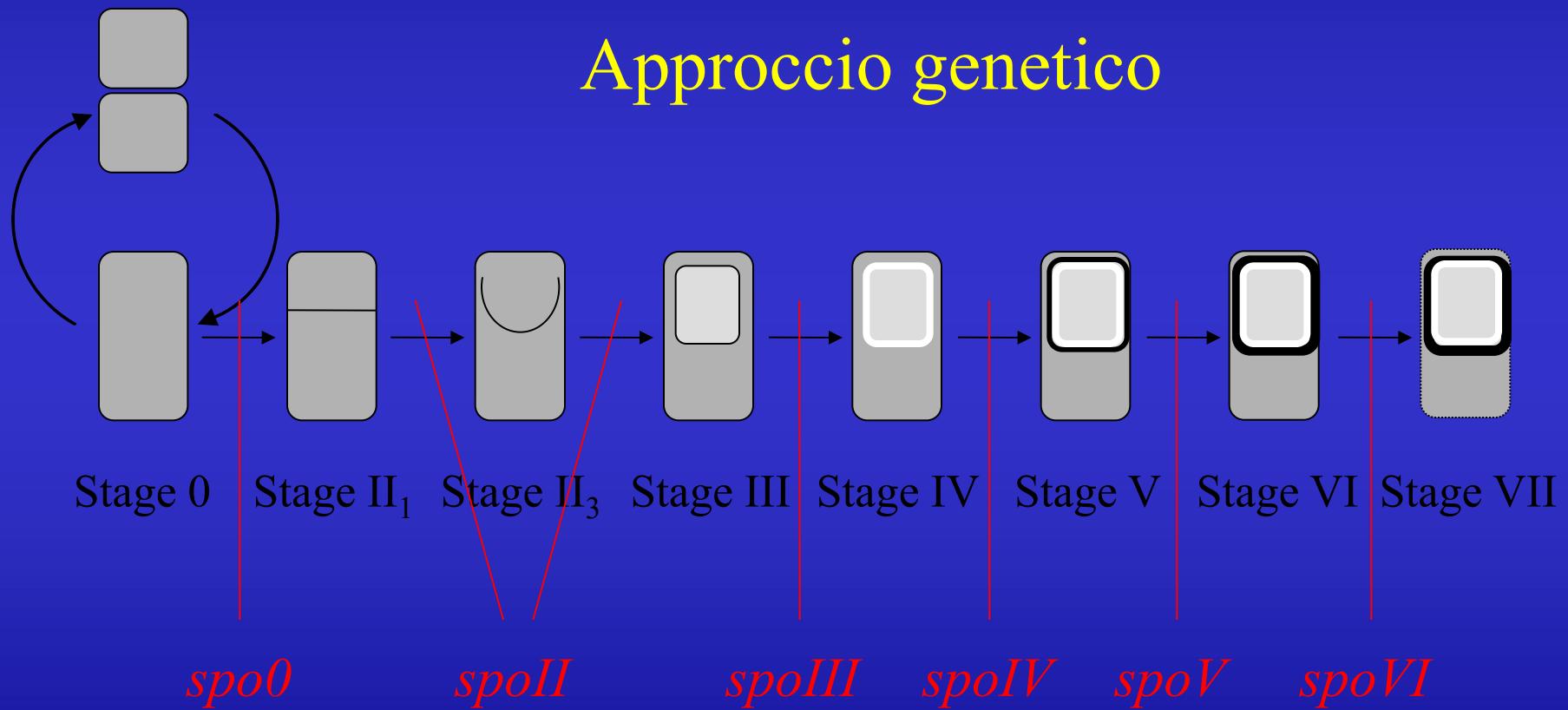


# Stadi della sporulazione di *Bacillus subtilis*

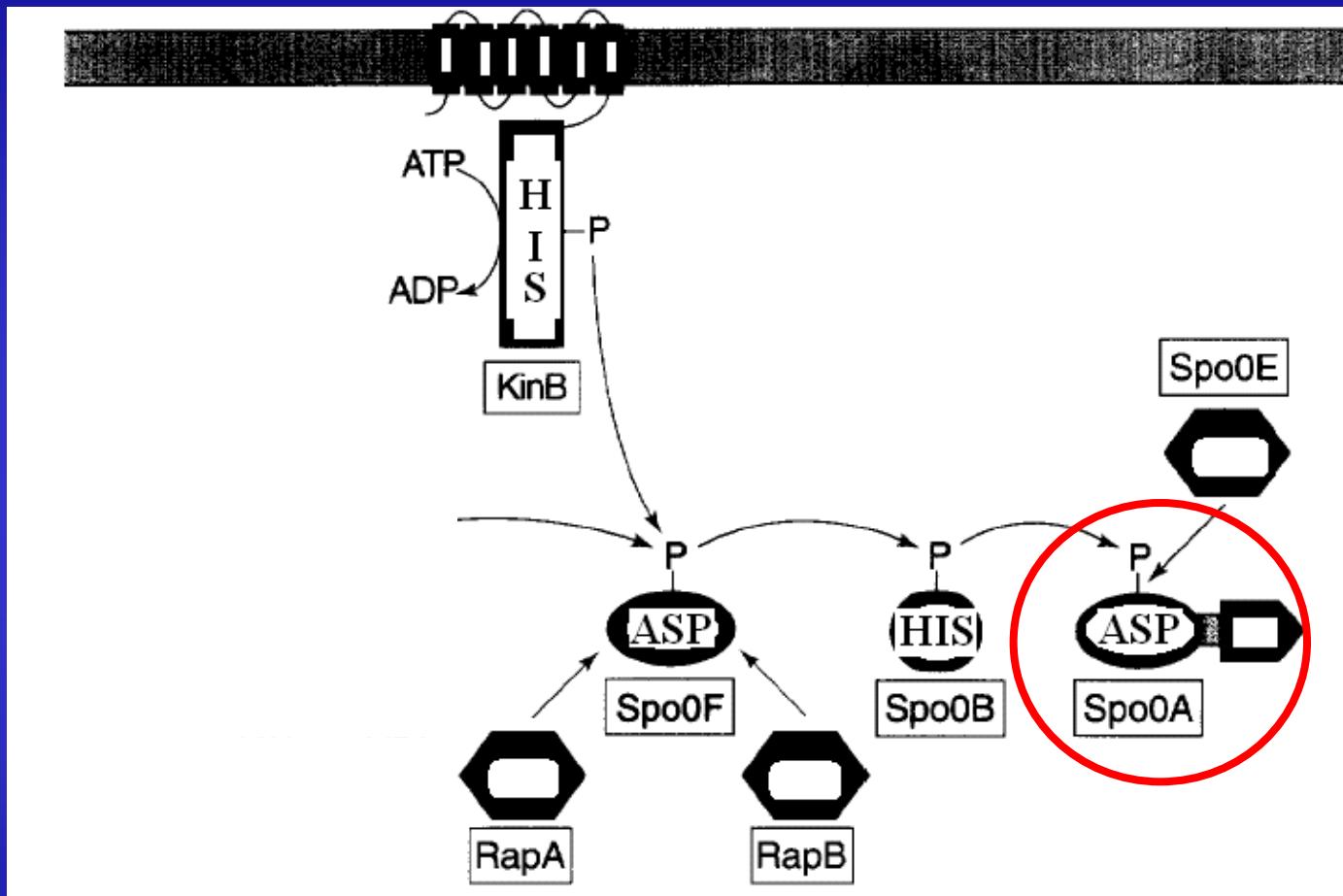


# Stadi della sporulazione di *Bacillus subtilis*

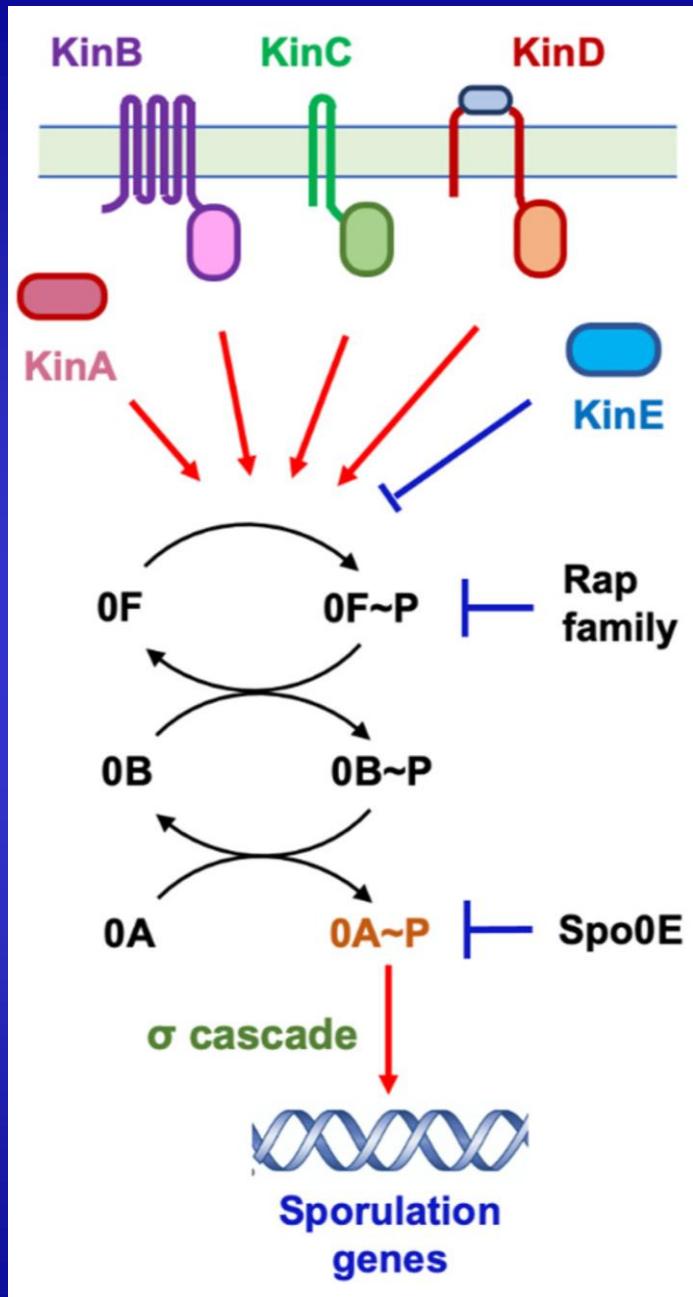
Approccio genetico

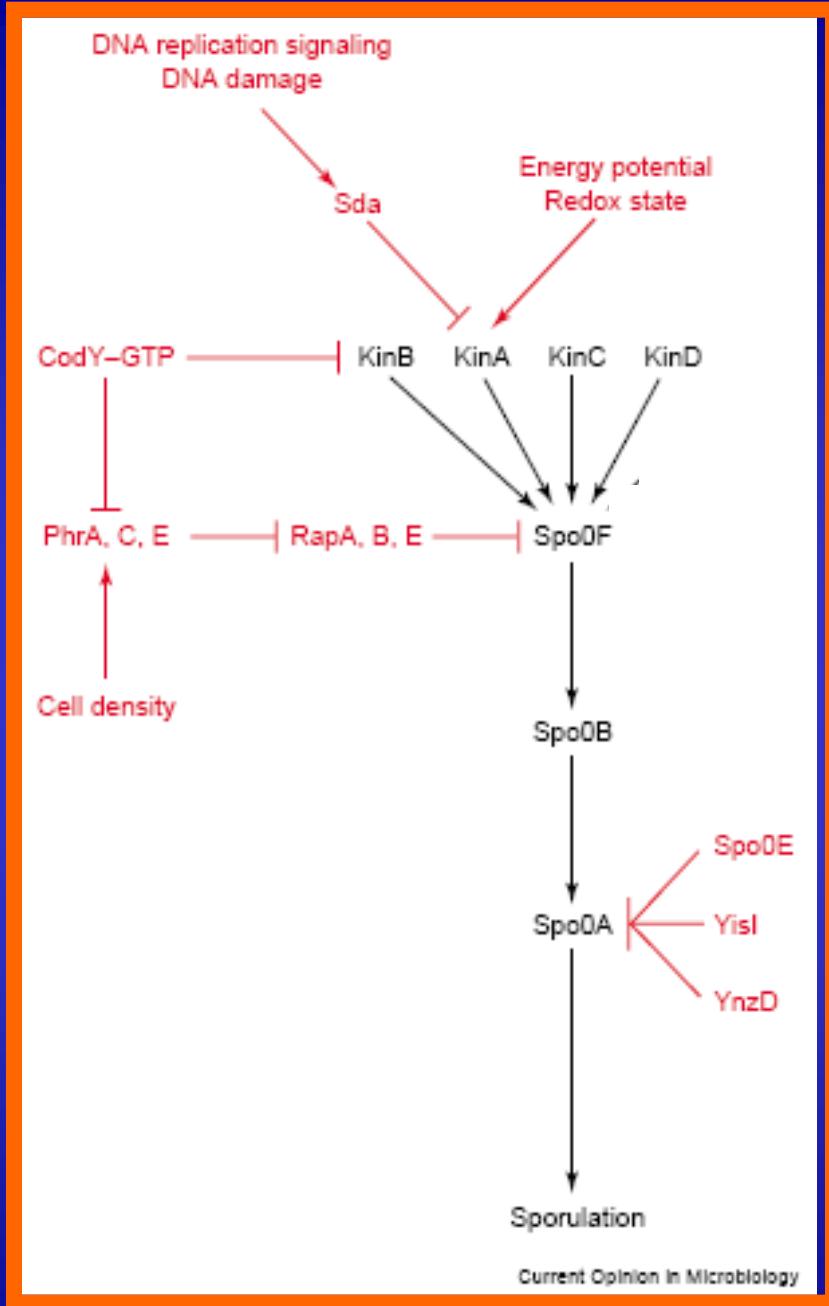


# Inizio della sporulazione



L'elemento chiave per l'inizio della sporulazione è  
la fosforilazione di Spo0A

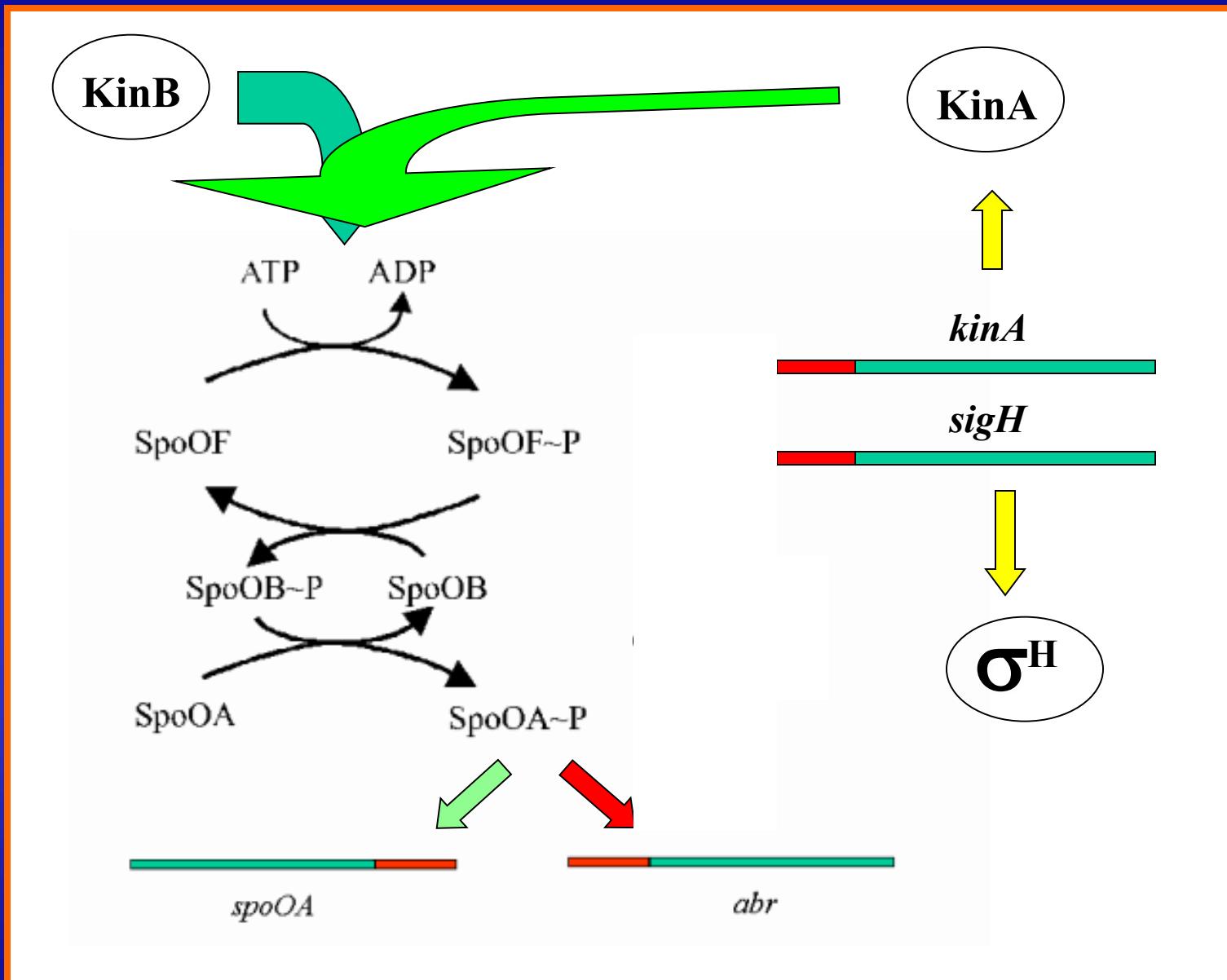




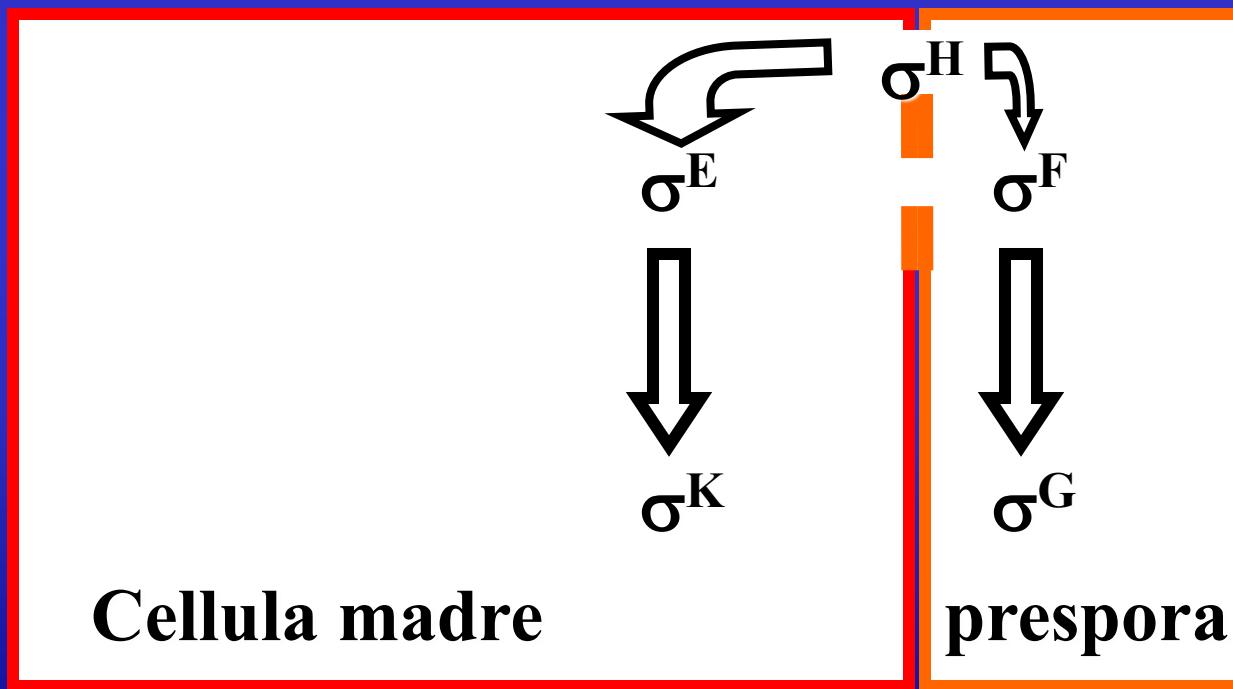
**L'inizio della sporulazione dipende da differenti fattori.**

**Tra questi :**

- **Densità cellulare**
- **[GTP]**
- **Danni al DNA**
- **Energia potenziale o stato ossido-riduttivo**

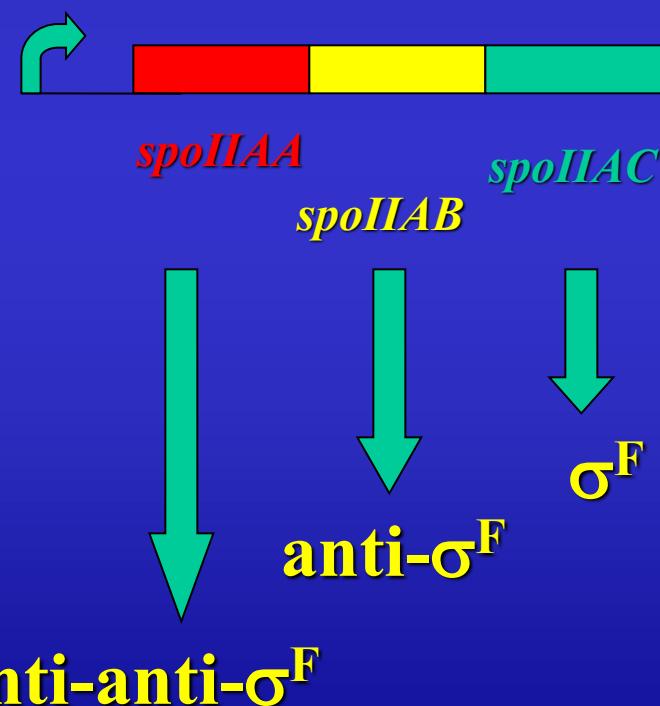


**Il fattore  $\sigma^H$  è il primo fattore  $\sigma$  del processo.  
Esso sarà seguito da altri 4 fattori  $\sigma$  che però  
sono organizzati sia spazialmente che  
temporalmente. Infatti .....**



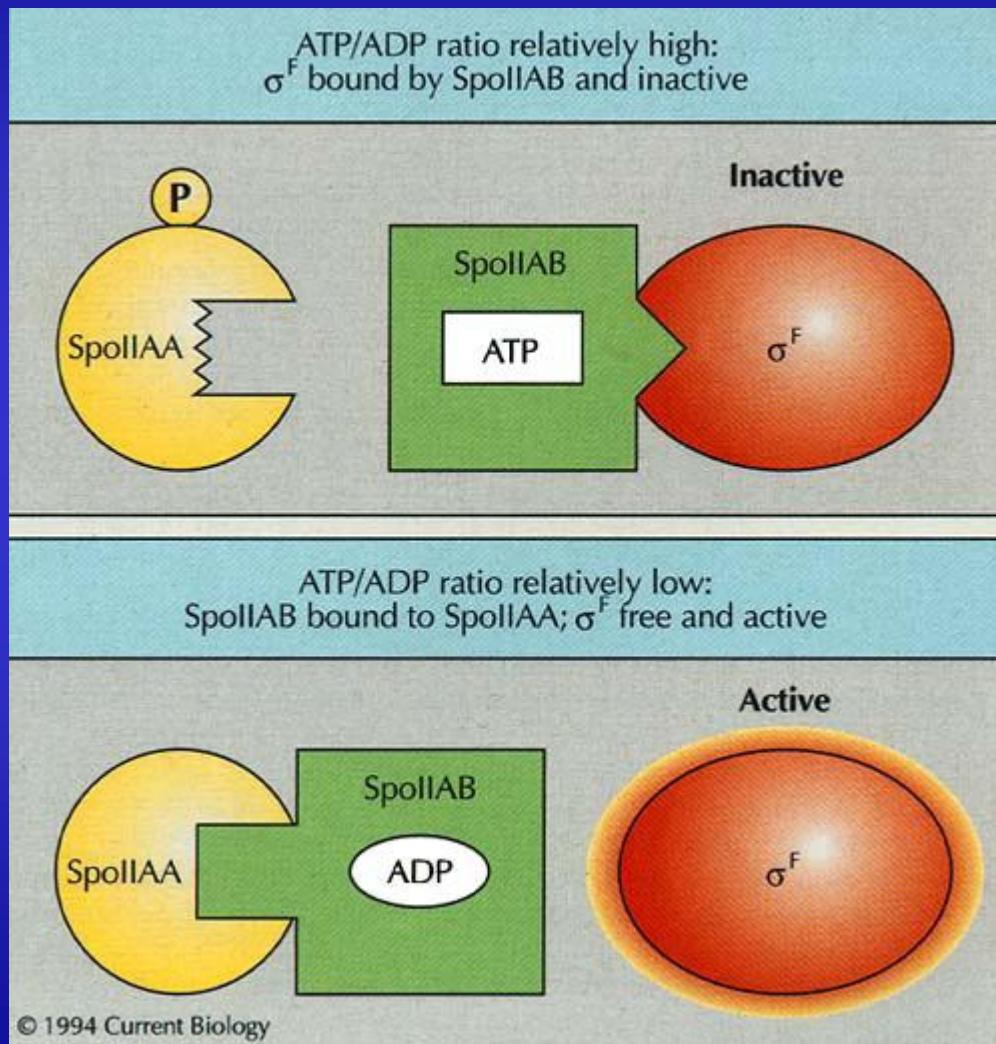
# Comparsa e regolazione di $\sigma^F$

Questo fattore è caratteristico della prespora ma viene trascritto e tradotto prima della formazione del setto ed è quindi potenzialmente presente anche nella cellula madre



La disponibilità di ATP determina le interazioni tra AA, AB e AC ( $\sigma^F$ )

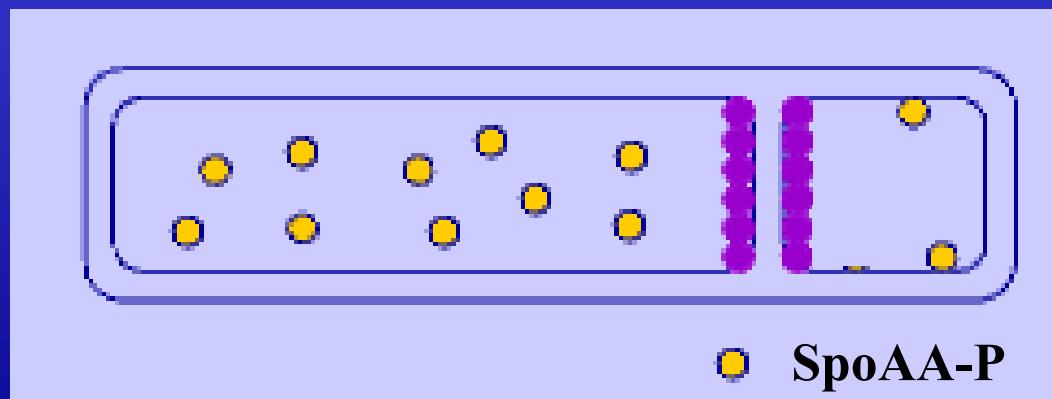
## Cellula madre



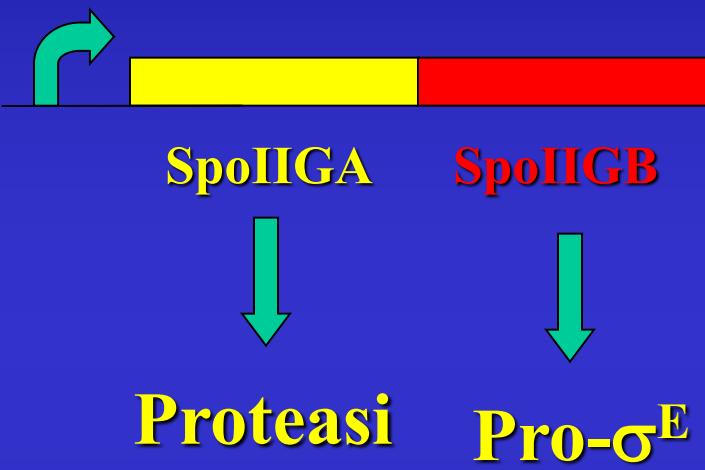
**Un ulteriore fattore che determina la riduzione della fosforilazione di SpoIIAA è la proteina SpoIIE.**



Si tratta di una fosfatasi che, essendo presente nella membrana del setto interviene in entrambi i compartimenti ..... La sua attività è però più efficace nella prespora perché ha un volume inferiore e perché il contenuto in SpoAA-P è minimo !!!!



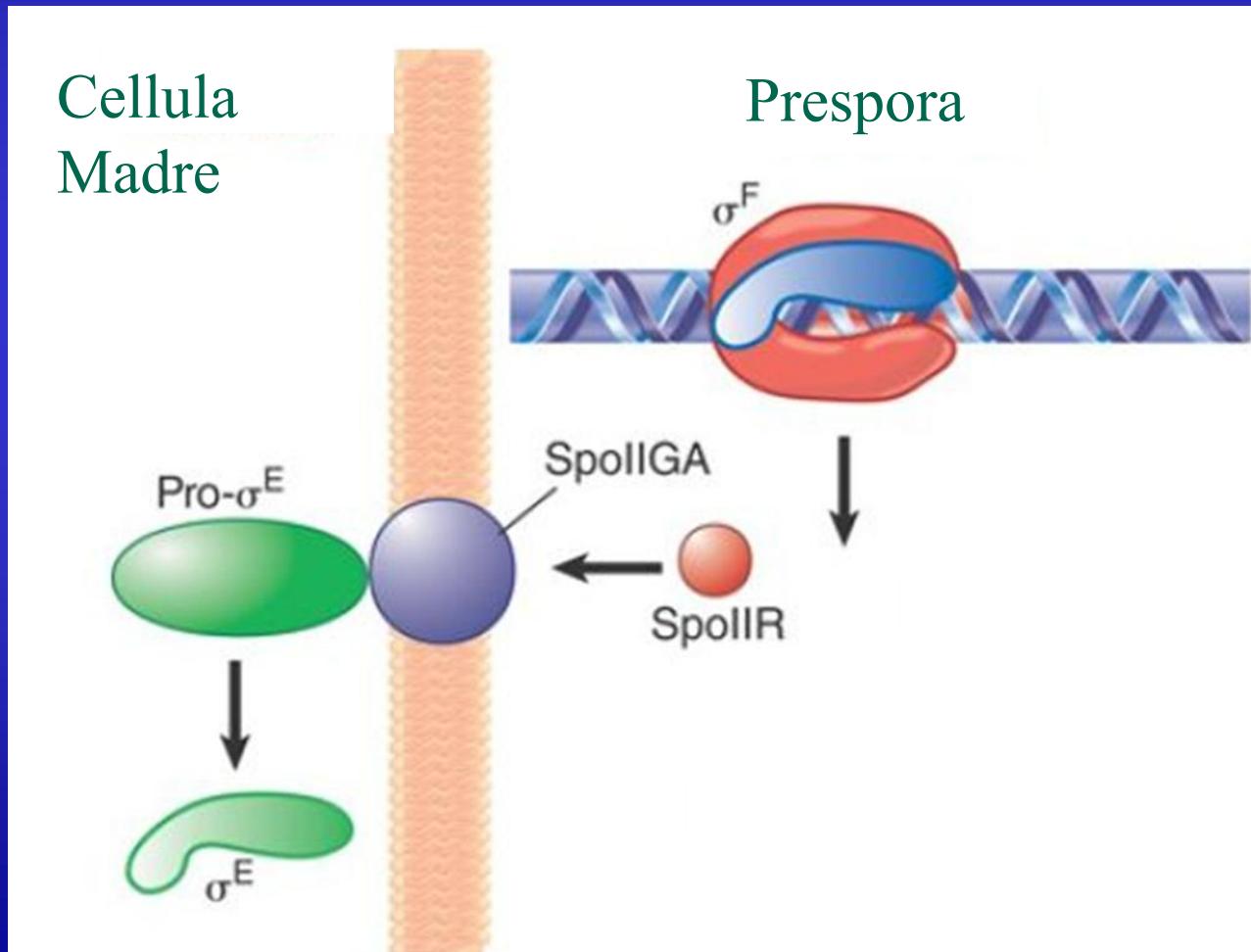
## Il primo fattore $\sigma$ specifico per la cellula madre è il fattore $\sigma^E$



Il prodotto del gene SpoIIGA elimina 27 aminoacidi all'estremità NH<sub>2</sub> del fattore pro-  $\sigma^E$  convertendolo in un fattore  $\sigma^E$  funzionale

Questo processo avviene però solo dopo che si è sintetizzato il fattore  $\sigma^F$  nella prespora !!!!!

Infatti  $\sigma^F$  permette la trascrizione del gene SpoIIR nella prespora. La proteina corrispondente, interagisce con SpoIIGA a livello delle membrane del setto e attiva la proteolisi della proteina pro-  $\sigma^E$



**Il fattore  $\sigma^E$ , per la cellula madre, ed il fattore  $\sigma^F$ , per la prespora, sono i fattori responsabili dell'espressione dei geni della fase IV della sporulazione. In questa fase il setto è completato !!!**

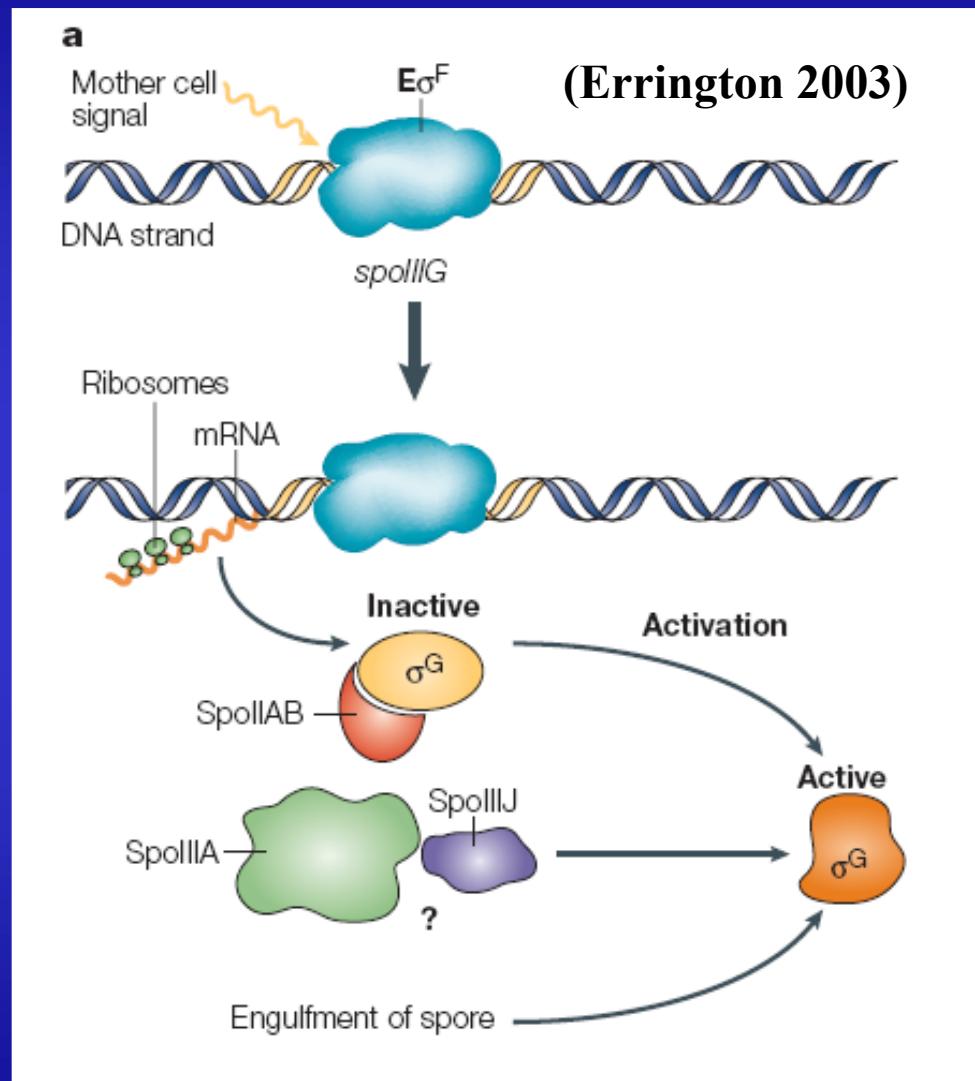
**Il fattore  $\sigma^E$  permette anche la trascrizione del fattore  $\sigma^K$  per la cellula madre**

**Il fattore  $\sigma^F$  permette anche la trascrizione del fattore  $\sigma^G$  per la prespora**

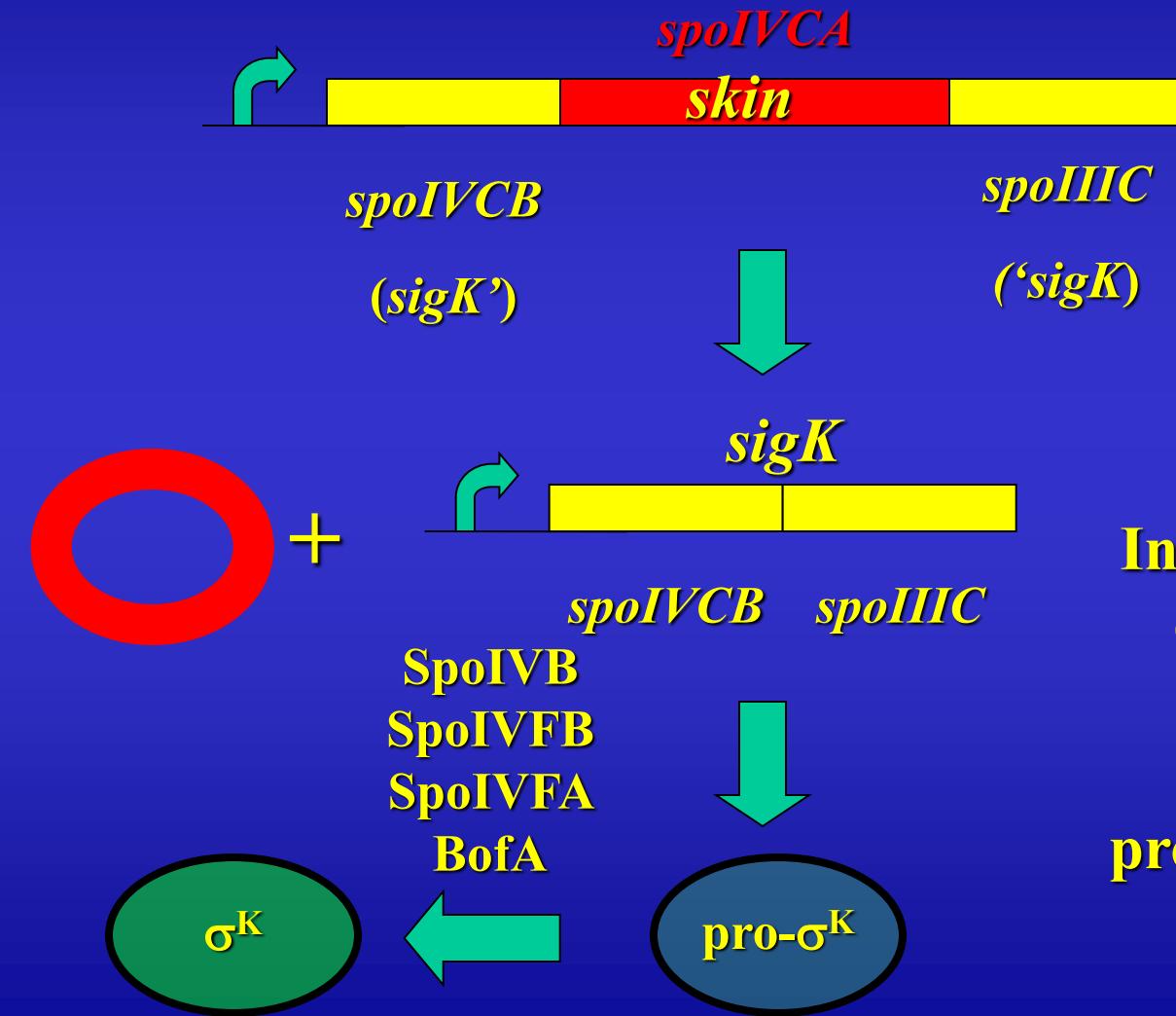
**Anche in questo caso, però, perché sia funzionale il fattore  $\sigma^G$  è necessario che si sia espresso il fattore  $\sigma^E$ , ed ancora perché si esprimi il fattore  $\sigma^K$  è necessario che si sia espresso il fattore  $\sigma^G$**

# Regolazione del fattore $\sigma^G$

La regolazione del fattore  $\sigma^G$  non è stata completamente definita. Si ipotizza, sulla base di alcuni dati sperimentali, che  $\sigma^G$  sia controllata dal fattore SpoIIAB (che abbiamo visto essere responsabile anche del controllo di  $\sigma^F$  nella cellula madre). SpoIIAB inibirebbe la funzione di  $\sigma^G$  immediatamente dopo la sua sintesi. Affinché questa inibizione venga eliminata (e quindi  $\sigma^G$  abbia un ruolo funzionale) sono necessarie le proteine SpoIII A, dalla cellula madre, e SpoIII J dalla prespora.



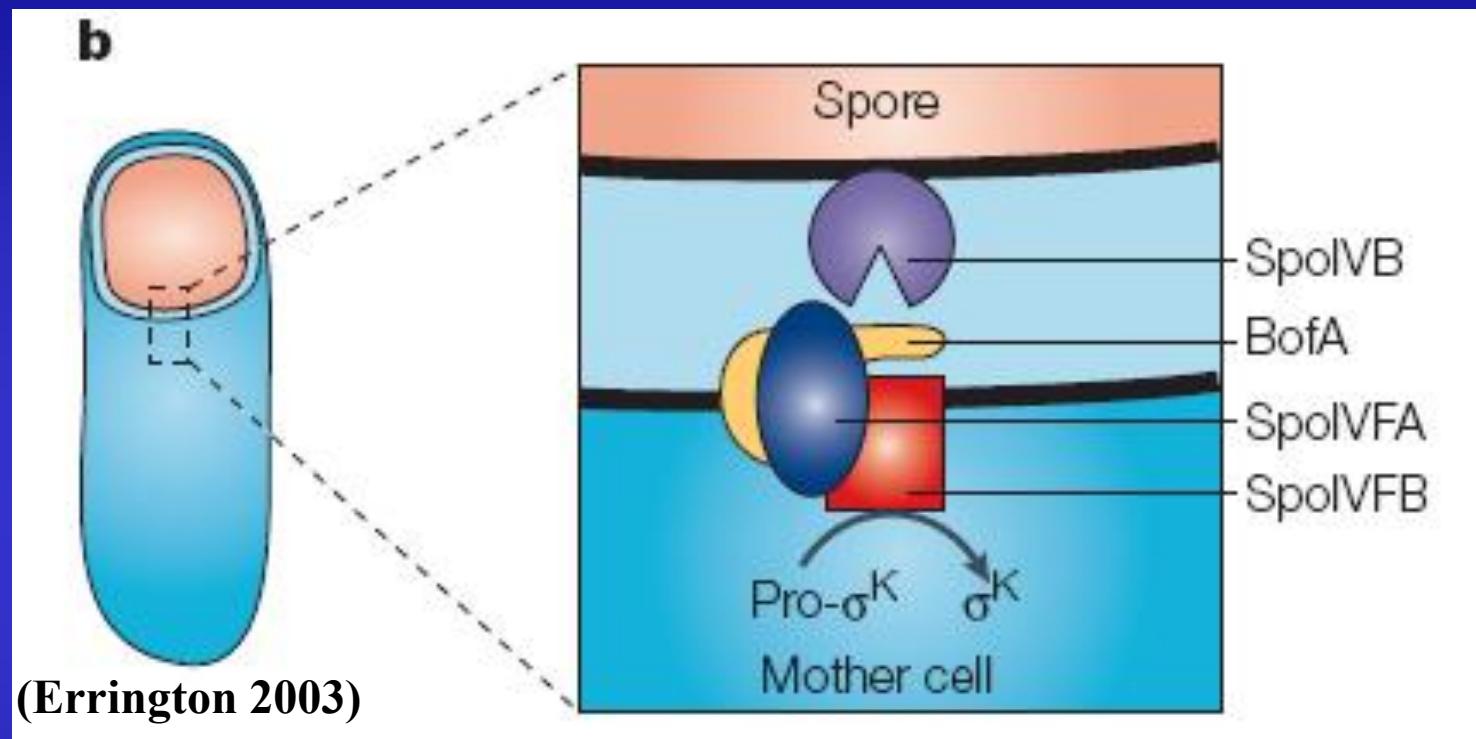
# Regolazione del fattore $\sigma^K$



Questo processo è irreversibile e non avviene nella prespora

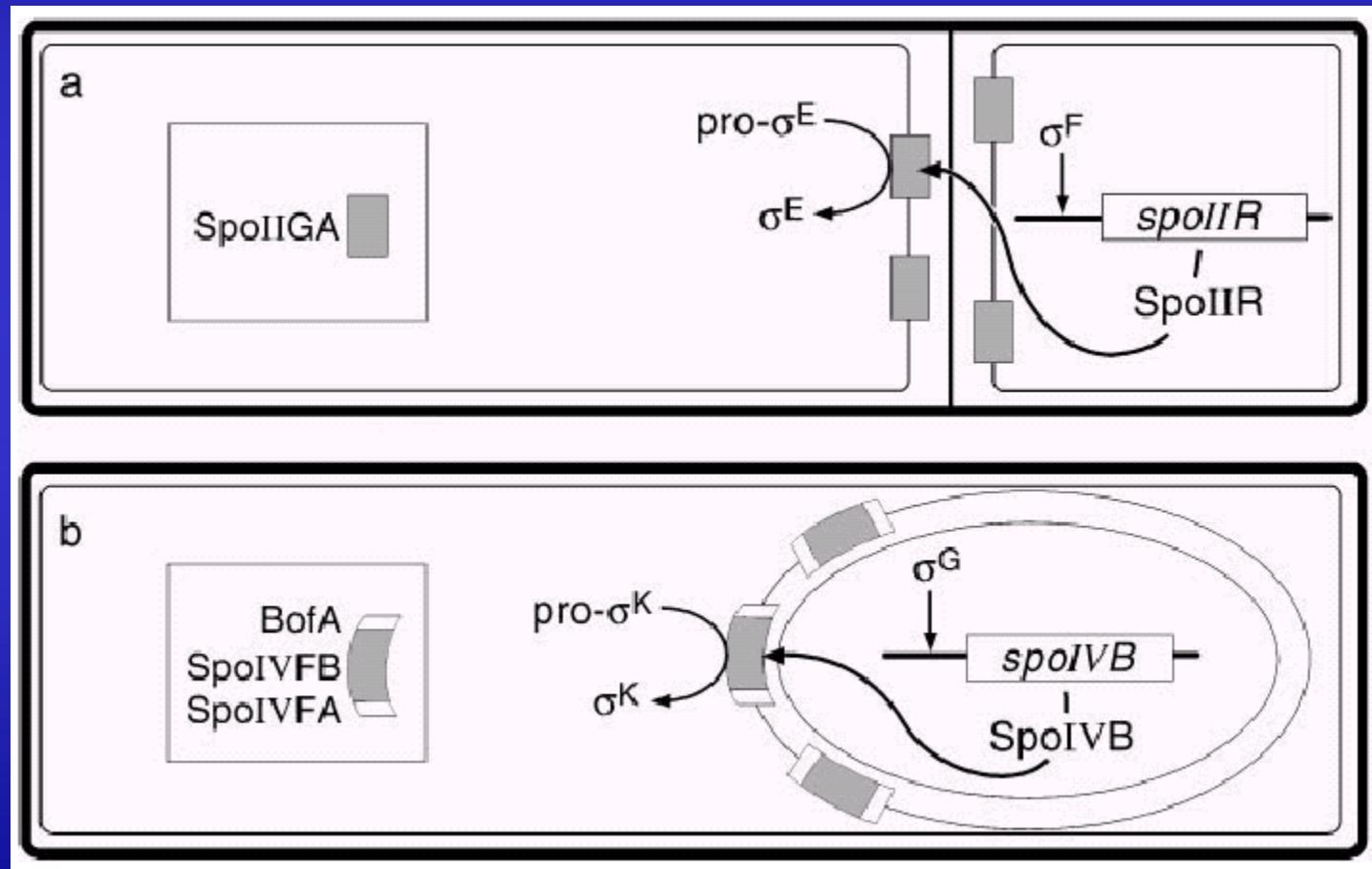
Infatti con la germinazione della spora si mantiene intatta la possibilità di eseguire un nuovo programma di sporulazione

# MATURAZIONE DI PRO- $\sigma^K$ $\sigma^G$ -DIPENDENTE

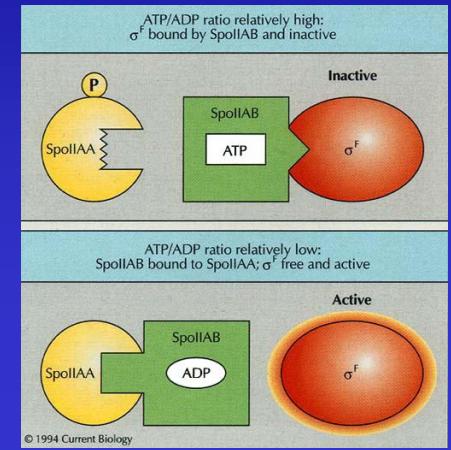
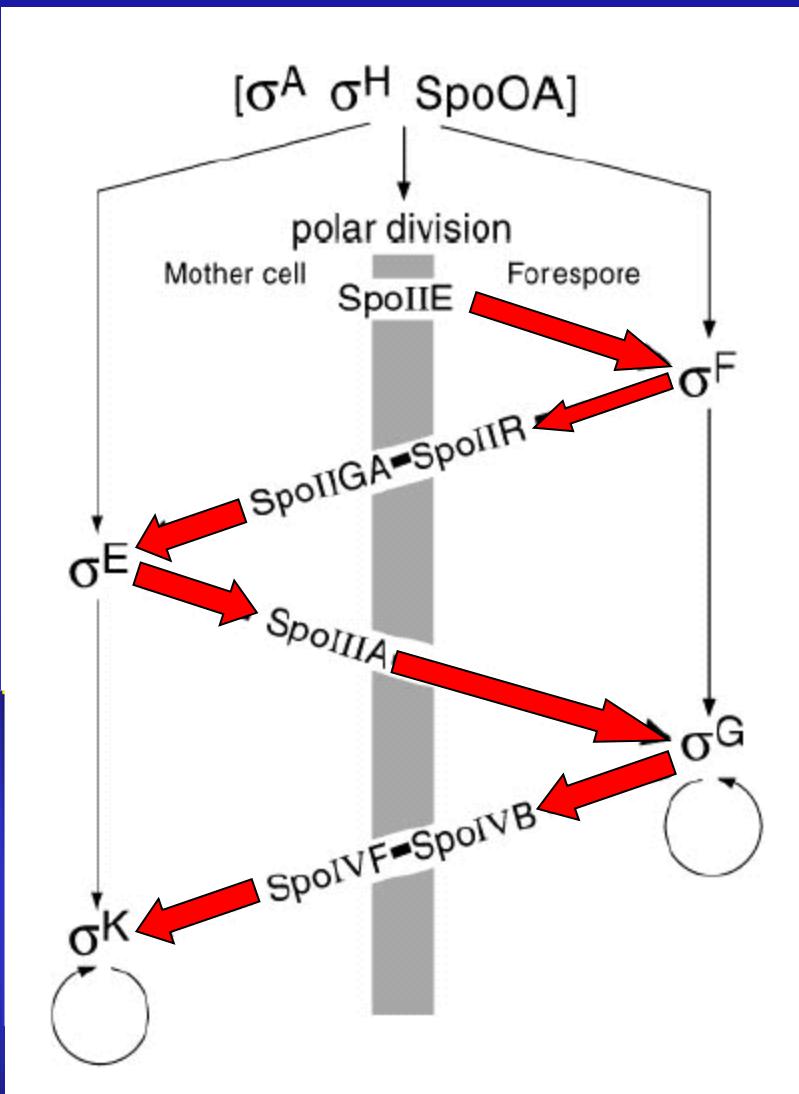
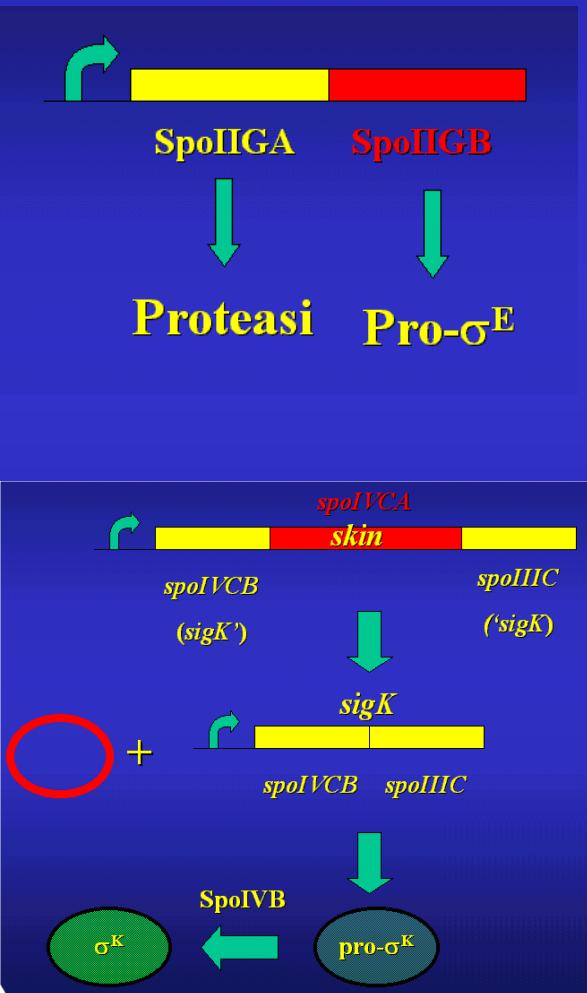


La proteasi SpoIVFB utilizza come cofattori le proteine della cellula madre SpoIVFA e BofA. Queste formano un complesso sulla faccia esterna della membrana esterna della prespora che deve essere attivato da una proteasi espressa dalla prespora (SpoIVB) che migra nello spazio tra le due membrane che circondano la prespora

# Similitudini nella maturazione tra pro- $\sigma^E$ $\sigma^F$ -dipendente e quella pro- $\sigma^K$ $\sigma^G$ -dipendente



# Modello di regolazione Criss-Cross



**Inibizione da  
SpoIIAB**

# Differenziamento cellulare in *Anabaena cylindrica* e formazione delle eterocisti



# In *A.cylindrica* il differenziamento in eterocisti è determinato da eventi di ricombinazione sito specifica

I geni importanti per il processo di fissazione dell'azoto sono *nifH* (forma un omodimero con attività nitrogeno reduttasi), *nifD* e *nifK* (che formano due subunità della dinitrogenasi)

