

# 磁处理水对苏云金芽孢杆菌生长的影响

宋 健,曹伟平,王金耀,冯书亮,杜立新

(河北省农林科学院 植物保护研究所,河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心,  
农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室,河北 保定 071000)

**摘要:**为明确磁处理水对苏云金芽孢杆菌生长的影响,用恒定磁场处理的磁化水配制液体培养基进行苏云金芽孢杆菌菌株的培养。结果表明,在28~50Gs磁场强度处理水可以提高G-02菌株的产孢量,G-02在43Gs磁场强度处理水配制的培养基中产孢量最大,达到 $6.1 \times 10^8$ 孢子/mL,比对照提高了11%;在7~43Gs磁场强度内处理水可以提高HD-1菌株的产孢量,HD-1磁场强度处理水配制的培养基中在14Gs产孢量最大,达到 $6 \times 10^8$ 孢子/mL,比对照提高了28%。在43Gs处理2~12h的磁处理水可以提高G-02菌株的产孢量,而在14Gs处理2~14h的磁处理水可以提高HD-1菌株的产孢量。

**关键词:** 恒定磁场; 苏云金芽孢杆菌; 生长

中图分类号: S482.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2013)增刊-0393-04

## Magnetic Treatment of Water Affect the Growth of *Bacillus thuringiensis*

SONG Jian, CAO Wei-ping, WANG Jin-yao, FENG Shu-liang, DU Li-xin

(Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, JPM Center of Hebei Province, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture, P. R. China, Baoding 071000, China)

**Abstract:** Bt G-02 and Bt HD-1 were cultured in the broth with the magnetic treated water respectively. The results indicated that the sporulation of G-02 and HD-1 strains were effected by the water treated using different magnetic intensity and different time. The sporulation of G-02 strain was improved in the water treated using the 28-50Gs magnetic intensity and the maximum capacity of sporulation was up to  $6.1 \times 10^8$  spore/mL in the 43Gs treated water, which increased 11% compared with control. The sporulation of HD-1 strain was improved in the water treated using 7-43Gs magnetic intensity and the maximum capacity of sporulation was up to  $6 \times 10^8$  spore/mL in the broth with 14Gs treated water, which was 28% higher than control. The sporulation capacity of G-02 and HD-1 were also improved in the 43Gs 2-12h treated water and the 14Gs 2-14h treated water respectively.

**Key words:** Constant magnetic; *Bacillus thuringiensis*; Synergism

苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*,简称Bt)是国内外应用最广泛的微生物杀虫剂之一,近年来对Bt的增效途径探索逐渐成为其研究热点之一。生物磁学在农业、医学、微生物发酵等领域得到广泛应用,微生物在磁场作用下的生物活性变化是其中重点研究之一。

近年来关于磁处理水对微生物的影响研究较少。严艳林<sup>[1]</sup>用磁处理水配制9K培养基能促进细菌的生长;而酵母细胞在磁处理水中的生存能力却受到一定的抑制作用,这不仅对治疗急性炎症具有

一定的参考价值,同时对食品保鲜也具有一定的意义<sup>[2]</sup>。已有研究者发现磁处理水具有杀菌作用,自来水经过磁化处理,其中的微生物和细菌数目减少了87%~97%;另有学者研究认为,磁处理水显著地加快氧化铁硫杆菌的生长,提高近1.5~1.7倍<sup>[3]</sup>。以上都是瞬间磁化所得磁处理水对微生物的作用,持续磁场作用下磁处理水对微生物的影响研究较多。我们曾经研究了在1200Gs磁场作用下磁处理水对大肠杆菌、表皮葡萄球菌的作用,得出持续低磁场作用下的磁处理水对大肠杆菌、葡萄球菌均有一

收稿日期:2013-08-10

基金项目:国家“863”项目(2011AA10A201)

作者简介:宋 健(1980-),女,河北涿州人,助理研究员,硕士,主要从事杀虫微生物研究。

通讯作者:杜立新(1978-),男,河北武安人,助理研究员,博士,主要从事生物防治研究。

定的促进作用<sup>[4-5]</sup>,而王祥三等<sup>[6]</sup>试验得出,当磁场强度为 2 100 Gs 时磁处理水可使 70% 以上细菌死亡,存活下来的细菌发生变异,具有更强的生存能力。

本研究以河北省农林科学院植保所生防研究室保存的苏云金芽孢杆菌 G-02 菌株和 HD-1 菌株为对象,通过外加磁场条件下发酵研究,重点以磁场处理水对菌株生长和产孢量的相关因子为研究内容,阐明提高 Bt 发酵的最适的磁场参数,为 Bt 制剂的生产提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试菌株

Bt 菌株 G-02 和菌株 HD-1。

### 1.2 供试培养基

液体发酵培养基:牛肉膏 0.5%、蛋白胨 1%、葡萄糖 0.3%、NaCl 0.2%、MgSO<sub>4</sub> 0.03%、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.03%、MnSO<sub>4</sub> 0.005%、pH 值 7.5。

细菌培养基:牛肉膏 0.5%、蛋白胨 1%、葡萄糖 0.2%、NaCl 0.2%、琼脂 2%、pH 值 7.5。

### 1.3 磁处理水及磁化水培养基的配制

试验采用河北大学研制的恒定磁场发生器,220V 交变电流通过整流后变为直流输出,在载流线圈内部产生梯度磁场<sup>[7]</sup>。磁场强度通过电流改变来控制,并用 SHT2 III 型数字式特斯拉计测定不同电流强度下的磁场强度,电流强度分别设定为 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2 A, 和其相对应的磁场强度分别为 7.2, 14.4, 21.6, 28.8, 36.0, 43.1, 50.3, 57.5, 64.7, 72.0, 79.1, 86.2 Gs。按 12 个磁场强度设定 12 组磁处理水,将去离子水放置在 250 mL 三角瓶内,按不同磁场强度对三角瓶里的水进行磁处理,每个磁场强度处理时间为 2 h。

磁化水培养基按照液体发酵培养基配方配制,所用水为各组磁处理水 1 000 mL,并设置一组未磁化水液体发酵培养基做对照试验用,每个三角瓶(250 mL)装 50 mL 培养基。试验中所用的一切物品必须洗涤干净,完全灭菌,121 °C 高压蒸气灭菌 20 min,或 160 °C 干烤 2 h。培养基和稀释液按规定要求进行高压蒸气灭菌。

### 1.4 不同磁场强度处理的磁化水培养基的苏云金芽孢杆菌芽孢数量计算

将 Bt 菌株 G-02 和菌株 HD-1 分别从培养好的斜面中各取一环接种在配制好的各组液体发酵培养基中,在温度(30 ± 1) °C,摇床转速 230 r/min 的培养箱中培养 48 h。经 48 h 发酵培养后进行显微镜检测,发酵至孢晶分离后停止发酵,两菌液分别以无

菌操作方法用灭菌吸管吸取 1 mL 加到 100 mL 的无菌 0.8% 生理盐水中,30 °C 摇床处理 15 min,再在无菌室中取 1 mL 加入到 100 mL 的无菌 0.8% 生理盐水中,摇匀,依次稀释到 10<sup>8</sup> 倍。2 种菌株各组的最后稀释液各取 1 mL 依次加入到培养皿中,倒入融化的普通细菌培养基(少量),皿内琼脂凝固后,在数分钟内翻转平皿,使底面向上,每组处理做 5 个平行重复,然后置于 30 °C 培养箱中,培养 24 ~ 36 h,计算菌数。

### 1.5 不同磁场处理时间的磁化水培养基的苏云金芽孢杆菌芽孢数量计算

将上步所得不同磁化强度的磁化水培养基组的芽孢计数结果与未磁化水培养基对照组的芽孢计数结果进行比较分析,得出最能促进 2 种菌株生长的磁处理水的磁场强度范围。在此范围内将 0 ~ 24 h 平均分为 12 个时间段磁处理水,然后用磁化水配制不同时间磁化水培养基,对 2 种菌株进行液体发酵并对产孢量进行计算(方法同 1.4),分析结果得出促进 2 种菌株生长的磁化水磁处理最佳时间。

### 1.6 磁处理水的 pH 值测定

本试验是针对弱磁场对去离子水的磁处理,其物理性质变化可能会不明显,只对其 pH 值变化做分析。取蒸馏水分装在试管中,放置于磁场发生器的线圈内,采用上面所得出的最能促进 2 种菌株生长的磁处理水的磁场强度来处理线圈中的蒸馏水,在温度(30 ± 1) °C 磁处理 48 h,每 6 h 取样测定 pH 值,未磁处理的去离子水做对照。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同磁场强度处理的磁化水对苏云金芽孢杆菌的芽孢数量影响

不同磁场强度磁处理的磁化水配制培养基对 2 种菌株产孢量的影响见表 1,随磁场强度增高,2 种菌株产孢量的增长趋势呈现峰状。2 种菌株在低强度磁化水培养基中的生长情况并不完全相同,HD-1 菌株在 7 ~ 43 Gs 磁场强度范围内的磁处理水中表现出较强的生长活性,芽孢产量都有所增加,在 14.4 Gs 磁处理的磁化水培养基中发酵达到最大增效;G-02 菌株在低强度磁处理水中没有 HD-1 菌株的生长活性强,在 28.8 ~ 50.3 Gs 磁场强度范围内的磁处理水中芽孢产量有所增长;对两菌株生长增效的磁处理水的强度范围略有不同,HD-1 菌株对低强度磁化水的适应性更好些,但随着磁处理强度的增强,磁化水培养基对 2 种菌株的生长都产生一定的抑制作用,两菌株的芽孢量都随磁处理强度增强而降低。

表 1  不同磁场强度磁处理水对 Bt 菌株产孢量的影响

Tab.1  Influence of magnetic water on sporulation of *Bacillus thuringiensis* strains

磁场强度/Gs Magnetic field intensity	G-02			HD-1		
	对照芽孢量	磁场芽孢量	增长比	对照芽孢量	磁场芽孢量	增长比
	/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Control sporulation	/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Magnetic sporulation		/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Control sporulation	/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Magnetic sporulation	
7.2	5.5	5.3	0.96	4.7	5.5	1.17
14.4	5.5	5.5	1.00	4.7	6.0	1.28
21.6	5.5	5.4	0.98	4.7	5.8	1.19
28.8	5.5	5.6	1.02	4.7	5.4	1.15
36.0	5.5	5.8	1.05	4.7	5.5	1.17
43.1	5.5	6.1	1.11	4.7	5.0	1.06
50.3	5.5	5.7	1.04	4.7	4.7	1.00
57.5	5.5	5.3	0.96	4.7	4.8	1.02
64.7	5.5	5.2	0.95	4.7	4.6	0.98
72.0	5.5	5.0	0.91	4.7	4.3	0.91
79.1	5.5	5.0	0.91	4.7	4.1	0.87
86.2	5.5	4.8	0.87	4.7	4.0	0.85

注：芽孢增长比 = 磁场芽孢量/对照芽孢量。  
Note: Sporulation increment ratio = Magnetic field sporulation/Control sporulation.

2.2  不同时间磁场处理水对苏云金芽孢杆菌的芽孢数量影响

采用 2 种菌株生长的最佳磁化水磁场强度 ,对去离子水进行不同时间段磁处理 ,配制成磁化水培养基对 2 种菌株进行发酵培养 ,计算最终产孢量 ( 表 2 ) 。结果显示 ,G-02 菌株在磁场强度 43 Gs ,在不同磁处理时间段的磁化水培养基中发酵 ,其产孢量在磁处理时间 2 ~ 12 h 中都有明显的提高 ,在

14 ~ 24 h 磁化时间中产孢量不再增长或有所降低;而 HD-1 菌株在磁场强度 14 Gs 的不同磁处理时间的磁化水培养基中发酵 ,其产孢量在磁处理时间 2 ~ 14 h 中都有明显的提高 ,在 16 ~ 24 h 磁化时间中产孢量不再增长或有所降低。2 种菌株在各自不同磁化时间的磁化水培养基中的生长趋势基本一致 ,总体是下降的趋势 ,菌株的活性也随磁化时间的延长而降低。

表 2  不同时间磁处理水对 Bt 菌株产孢量的影响

Tab.2  Influence of different time magnetic water on sporulation of *Bacillus thuringiensis* strains

磁处理时间/h Magnetic treatment time	G-02			HD-1		
	磁场强度/Gs	磁场芽孢量	增长比	磁场强度/Gs	磁场芽孢量	增长比
	Magnetic field intensity	/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Magnetic sporulation		Magnetic field intensity	/( × 10 <sup>8</sup> spore/mL) Magnetic sporulation	
0	43	5.0	—	14	4.5	—
2	43	5.6	1.12	14	6.0	1.33
4	43	5.4	1.08	14	5.8	1.29
6	43	5.5	1.10	14	5.6	1.24
8	43	5.2	1.04	14	5.4	1.20
10	43	5.3	1.06	14	5.5	1.22
12	43	5.4	1.08	14	5.2	1.16
14	43	5.0	1.00	14	4.8	1.07
16	43	4.9	0.98	14	4.5	1.00
18	43	4.7	0.94	14	4.6	1.02
20	43	4.5	0.90	14	4.2	0.93
22	43	4.6	0.92	14	4.4	0.98
24	43	4.7	0.94	14	4.0	0.89

注：芽孢增长比 = 磁场芽孢量/磁场芽孢量( 0 h ) 。  
Note: Sporulation increment ratio = Magnetic field sporulation/Magnetic field( 0 h ) sporulation.

2.3  恒定磁场对水的物理性质的影响

水在磁场的磁化作用后 ,本身的一些物理性质会发生变化 ,如溶解氧、渗透压、挥发性、电导率、pH 值、折射率等增大 ,而密度、表面张力、蒸发速率和粘度等会稍变小 ,其光学性质也有所改变。随着磁场强度变高 ,上述变化也随着越发明显。在 30 ℃ 的温

度下 ,恒定磁场对蒸馏水的 pH 值产生一定的影响 ( 表 3 ) 。随着磁场对蒸馏水的处理时间的延长 ,2 种磁场强度下的蒸馏水 pH 值变化趋势基本一致 ,但变化幅度不同。在 0 ~ 12 h 的磁处理时段中 43 Gs 和 14 Gs 这 2 种磁场强度下水的 pH 值相对于未磁化蒸馏水都是先降低后增高 ,前者降低的幅度大 ,

而后者增高的幅度大;在 18~48 h 的磁处理时段中 43 Gs 和 14 Gs 这 2 种磁场强度下水的 pH 值都要低

于未磁化蒸馏水,前者的数值波动较小,后者与未磁化蒸馏水的数值波动一致。

表 3 恒定磁场对去离子水的 pH 值的影响

Tab.3 Influence of constant magnetic field on pH value of distilled water

磁处理时间/h Magnetic treatment time	pH 值 pH value		
	去离子水 Deionized water	43 Gs 磁处理水 43 Gs Magnetized water	14 Gs 磁处理水 14 Gs Magnetized water
0	7.53	7.53	7.53
6	7.44	7.28	7.41
12	7.37	7.43	7.61
18	7.42	7.30	7.41
24	7.44	7.24	7.28
30	7.61	7.31	7.52
36	7.54	7.37	7.42
42	7.51	7.41	7.45
48	7.61	7.53	7.57

### 3 讨论

磁处理水对微生物生长具有一定的影响<sup>[8-11]</sup>,严艳林等<sup>[1]</sup>采用磁处理培养基进行细菌的培养,证明磁处理水配制的培养基对细菌生长有促进作用。王成传、张新友<sup>[12]</sup>的磁处理矿泉水对细菌影响的试验观察研究表明,磁处理矿泉水在 0.6 mT 以上时对细菌的生长有轻度的抑制作用。

通过对去离子水进行不同磁场强度和时间的处理,配制成培养基对 Bt 进行发酵,以产孢量来反映磁化水对菌株生长的影响,并通过水的 pH 值随磁处理时间的延长来反映磁场对水的物理变化。G-02 和 HD-1 两菌株相对于对照的产孢量增长比随着磁化水培养基磁处理强度的梯度增长呈现峰状曲线趋势,后者的峰值要大于前者,说明磁化水对 HD-1 的生长有较明显的影响,并且在一定的磁场强度范围内起到了很好的增效作用,磁化水对 G-02 菌株的生长也有一定的作用但增效的磁场强度范围较窄;两菌株在各自作用最好的磁处理水强度下进行不同时间磁处理水试验中,随磁处理时间的延长产孢量都出现下降趋势,生长也受到一定的抑制;去离子水在不同磁场强度作用下,其 pH 值也随作用时间而变化,在 12 h 时都要高于未磁化的蒸馏水 pH 值,此后都要低于未磁化的去离子水 pH 值,磁化水的 pH 值的改变必定影响到发酵液的 pH,从而改变菌株的发酵内部环境,间接影响到菌株的生长、芽孢的形成、晶体的产生, pH 值变化和不同时间磁处理水对菌株芽孢量变化趋势也有关,在 2~12 h 磁处理水都能对菌株的生长起到促进作用,而 14~24 h 磁处理水对菌株生长没有明显影响或抑制作用。

本试验研究表明,磁化水对不同 Bt 菌株的作用效果是不相同的,每个菌株有其自身的生理和生化

特性,对磁场强度的适应性也不同,磁处理水随磁场处理强度和处理时间改变对不同菌株在一定程度上产生增效或抑制作用。水经磁场作用后,其理化性能发生变化,磁处理水是通过磁场对水的作用而间接影响生物的。本试验为进一步研究磁处理水对 Bt 的影响提供有益参考。

#### 参考文献:

- [1] 严艳林. 磁处理水对细菌生长的影响[J]. 长江职工大学学报, 2003, 20(2): 43-44.
- [2] 李波, 杨玉馥, 刘延范. 酵母细胞在磁处理水中生存能力的实验研究[J]. 生物医学工程与临床, 2000, 4(2): 91-93.
- [3] 艾燕. 磁处理水在生物学中的应用[J]. 生物磁学, 2000(4): 37.
- [4] 代群威, 董发勤, 王勇. 静磁场时大肠杆菌生长过程的作用机制研究[J]. 生物磁学, 2004, 4(3): 21-23.
- [5] 代群威, 董发勤. 静磁场对单体人体体表正常菌生长影响的研究[J]. 生物磁学, 2006, 6(1): 14-15.
- [6] 王祥三, 王平. 磁化处理污水的生物效应实验[J]. 环境科学与技术, 2000(2): 33-36.
- [7] 赵凯华. 电磁学(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1985: 136-135.
- [8] 代群威, 董发勤, 王媛. 趋磁性细菌的研究与应用现状[J]. 生物磁学, 2004, 4(4): 33-36.
- [9] 赵丽杰. 微生物在环境监测中的应用[J]. 生物磁学, 2004, 4(2): 4-43.
- [10] 周万松, 杨远滨. 磁场生物效应的研究进展[J]. 生物磁学, 2003(1): 6-9.
- [11] 郑巧兰, 张祖新, 赵仲仁. 磁处理对植物生长的影响[J]. 天津农业科学, 1997, 3(3): 11-13.
- [12] 王成传, 张新友. 磁处理矿泉水对细菌影响的实验观察[J]. 生物磁学, 2003(2): 30-31.