

研究结果

1. 程序模拟干细胞增殖

参数：cycle = 2; growth = 1.0; vitality = 9.0; reduction = 1.0。

自定义细胞位置：[16][16] = 1

其余参数为零。模拟细胞周期为 2、生长速率 1.0、初始活力 9.0、凋亡速率 1.0 的细胞。

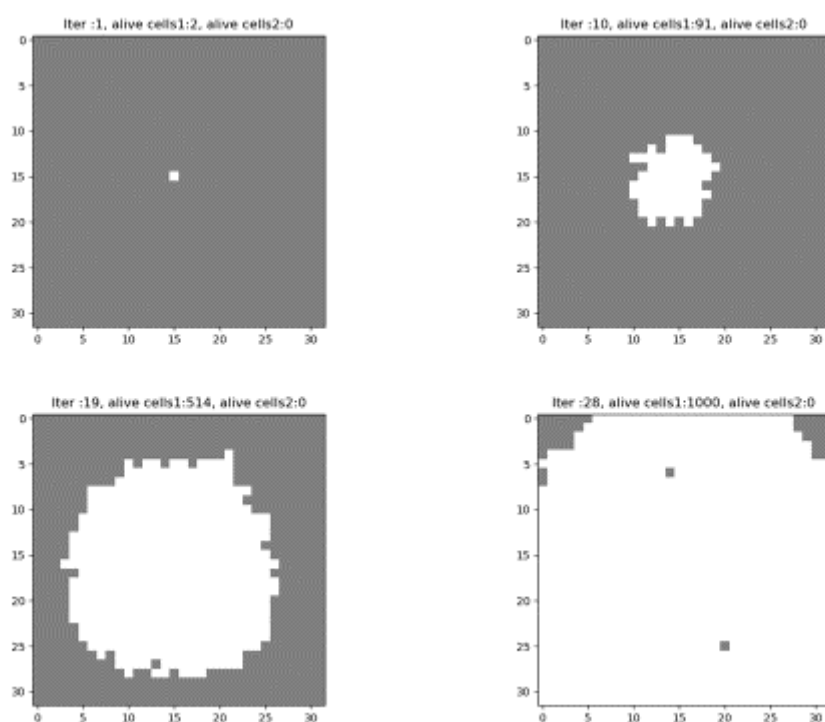
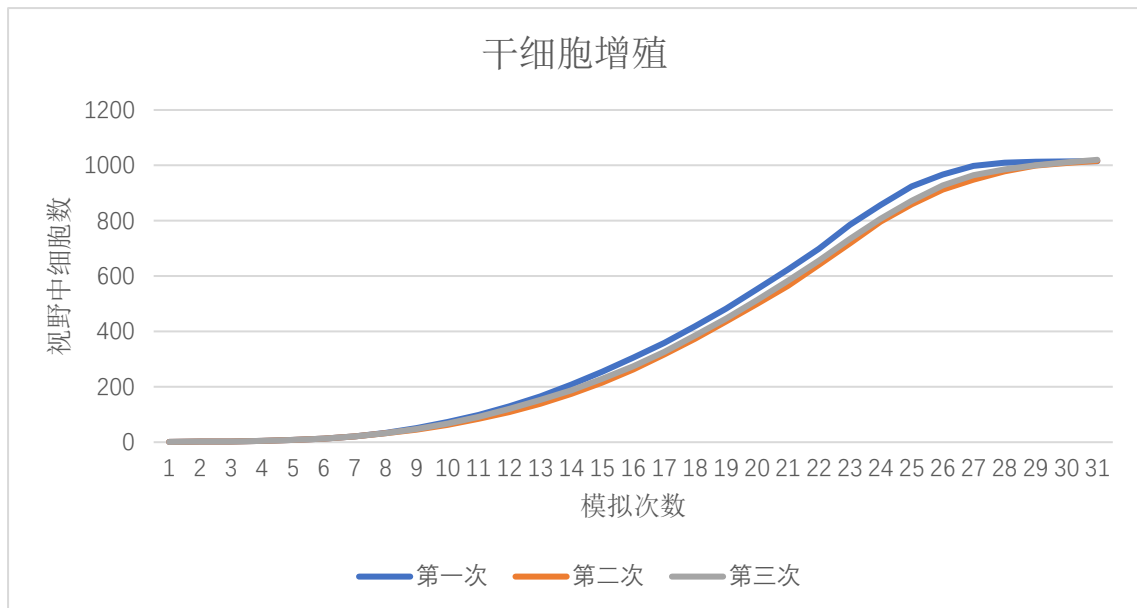


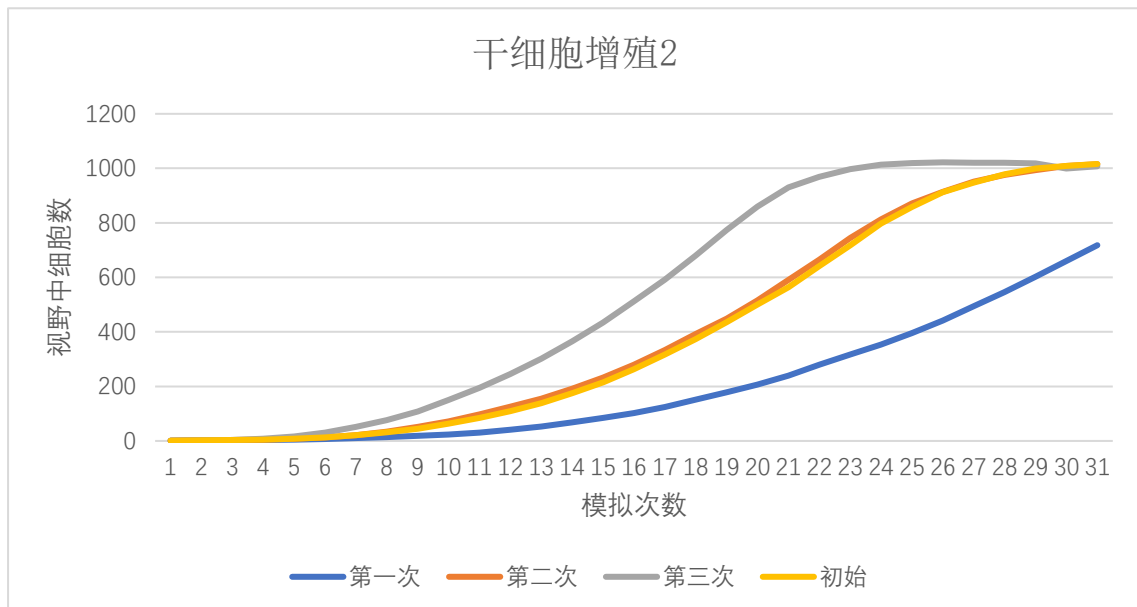
图 1 程序中的增殖演示，模拟次数 t 分别为 1, 10, 19, 28
白色格子为干细胞，灰色为培养基背景。每张图标注了模拟次数和存活的细胞数量



保持 vitality、reduction 不变，改变 cycle 和 growth 的值。

	cycle	growth
第一次	4	1
第二次	4	2
第三次	2	2

经过多次验证，细胞增殖速率与 $\text{growth}/\text{cycle}$ 的比值正相关，可以通过调整比值模拟增殖能力不同的细胞。



2. 程序模拟两种细胞增殖

首先模拟两种增殖速率相同、互不影响的正常细胞。

cycle = 4; growth = 2.0; vitality = 9.0; reduction = 1.0。其余参数为零。

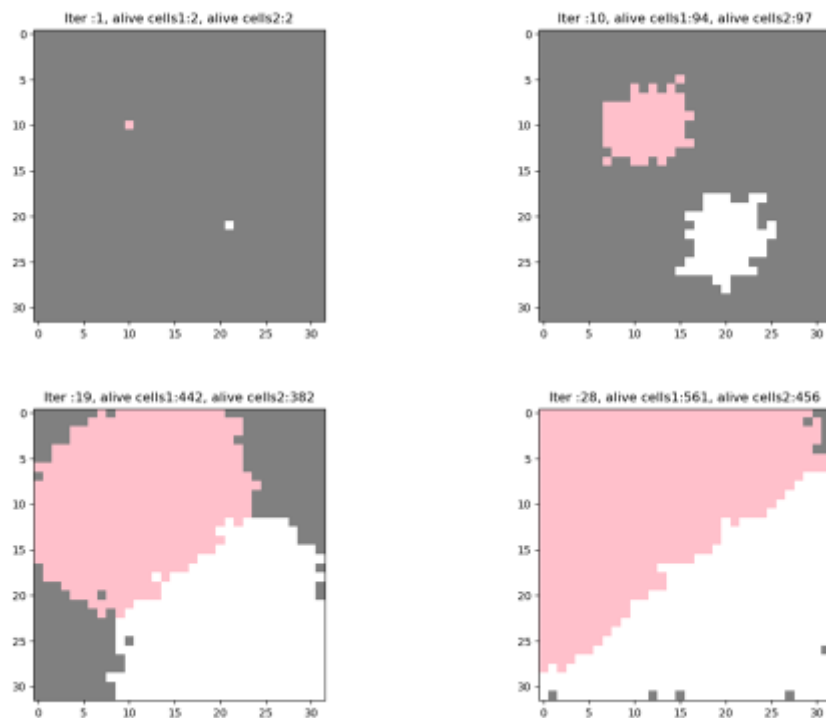
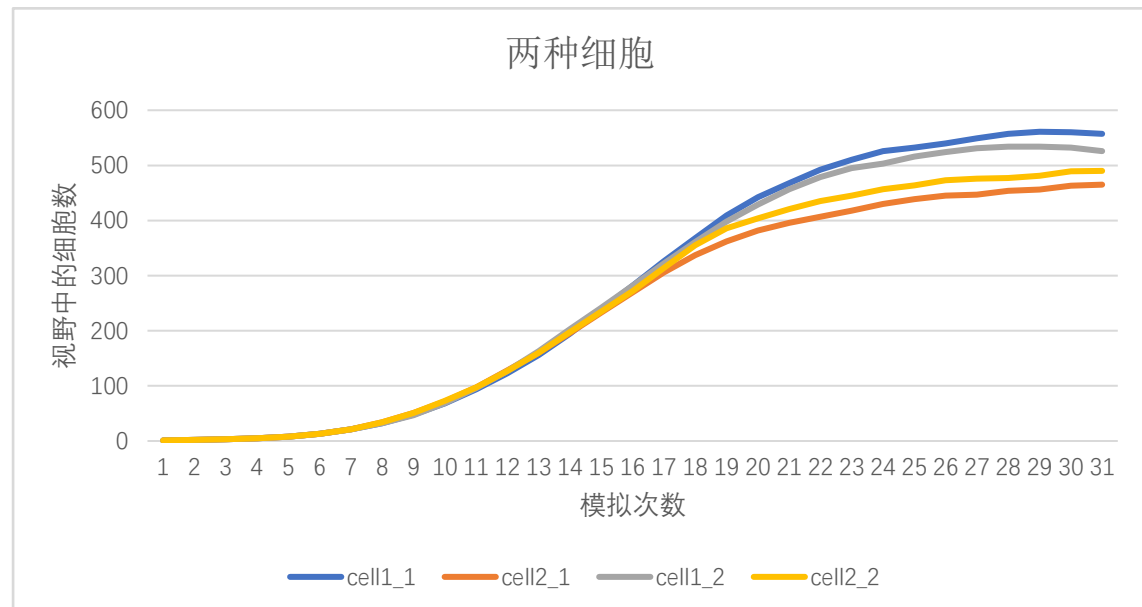


图2 两种互不影响的细胞增殖模拟

红色为 cell1，白色为 cell2,模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

发现两种互不影响的细胞增殖时相对平均，在有限空间内各占一半。通过调整 cycle 和 growth 的值以模拟增殖速率不同但不会相互影响的细胞。

	cycle	growth
cell1	4	2
cell2_1	3	2.5
cell2_2	1	1
cell2_3	1	1

当两种细胞较为靠近，会发现增殖速率快的细胞占极大优势。例如肿瘤细胞，细胞周期短，增殖速率快。**cell1** 模拟正常细胞，**cell2** 模拟肿瘤细胞。

前两次模拟发现，增加肿瘤细胞增殖速率，肿瘤细胞数量增加不明显。而后更改细胞初始位置，从视野左上、右下且间距较大，改成右上、左下且间距为之前的 1/4。（坐标由 $[11][11] = 1$; $[22][22] = 2$ 变为 $[14][16] = 1$; $[16][14] = 2$ ）发现结果有更加显著变化，见图 3。

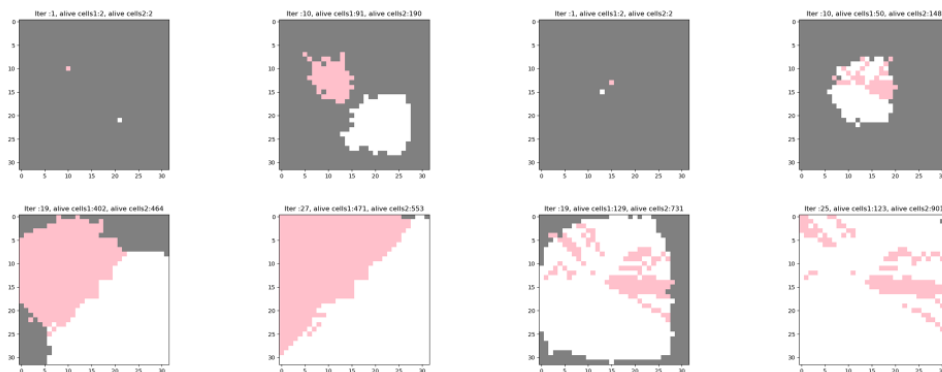
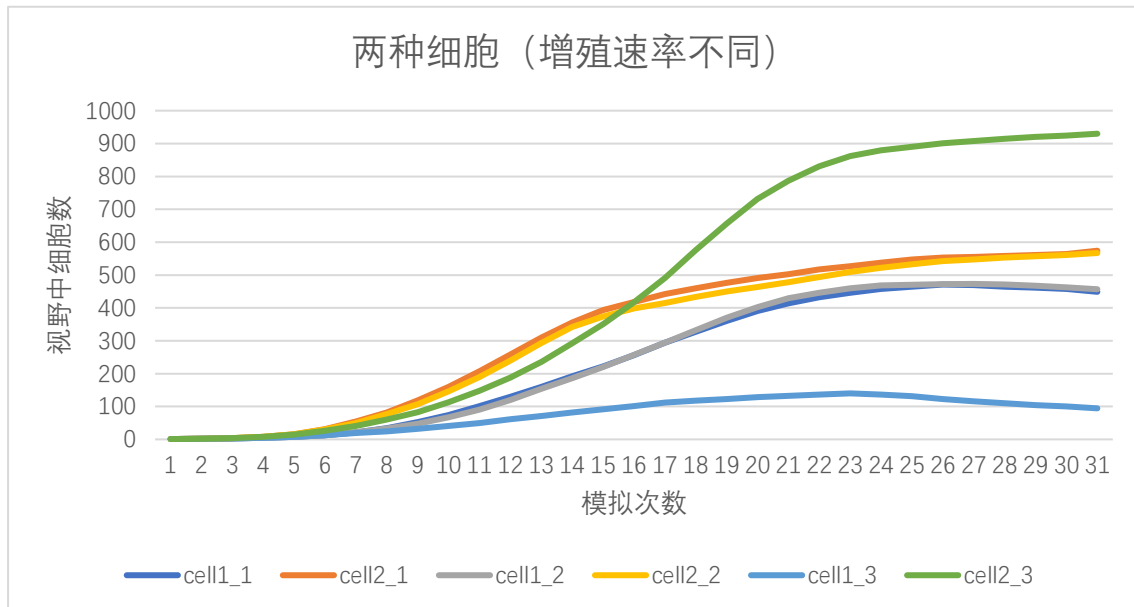


图 3 初始细胞放置的位置会对模拟结果产生影响
红色为 cell1，白色为 cell2,模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

3. 模拟两种细胞相互作用

根据单种及两种互不影响的细胞增殖模拟情况，设定适合增殖模拟的初始参数：

cycle=6 growth=2.0 vitality=9.0 reduction=1.0

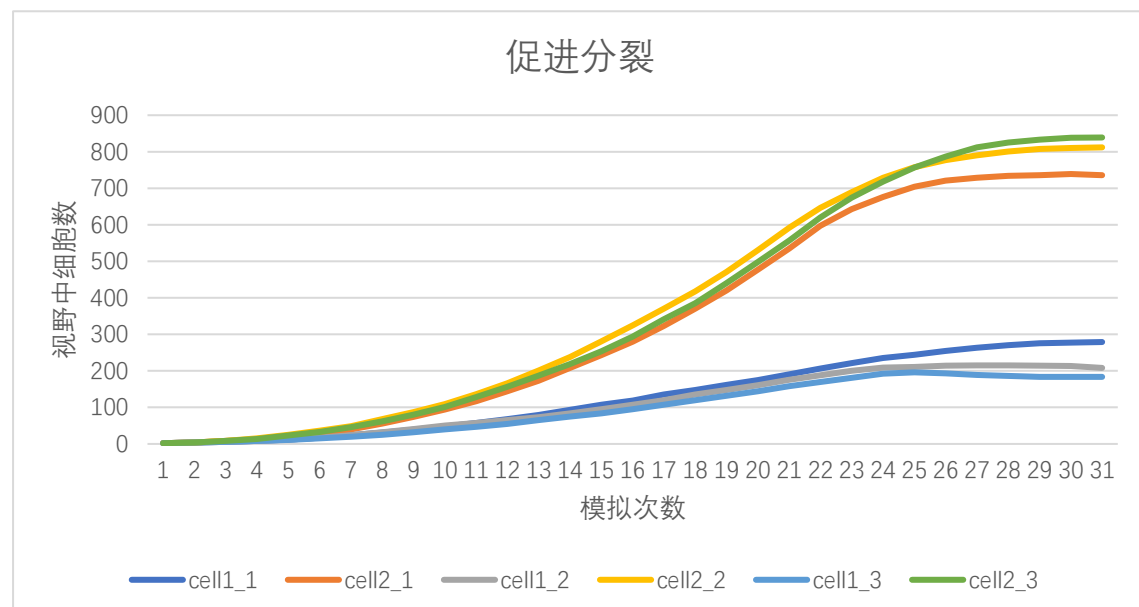
自定义初始化细胞位置，上半部分为 cell1，下半部分为 cell2：

[15][15] = 1 [15][16] = 1 [16][15] = 2 [16][16] = 2

需要调整的参数有：reaction, relation, reaction_d, relation_d。这些参数会影响细胞之间是促进还是抑制彼此的生长速率和凋亡速率，它们初始值都为 0。预设 cell1 为具有影响因子的细胞，cell2 是受到 cell1 的影响，增殖速率或凋亡速率相应改变的细胞。因为有参数 relation 判断是促进还是抑制细胞增殖，如果 relation=0，判断细胞会促进周围细胞分裂，而影响程度 reaction 小于 0，则实际结果为抑制细胞生长，可以放在 relation=1 即抑制分裂的情况里分析，参数 reaction_d 同理。故 reaction、reaction_d 只取正值。

3.1 促进分裂

调整 reaction 的值为 1, 2, 4。reaction 是衡量细胞对相邻细胞增殖率的反应程度的参数。其余参数保持为 0。



当 reaction 参数越大，cell_1 对 cell_2 增殖速率促进效果越明显。

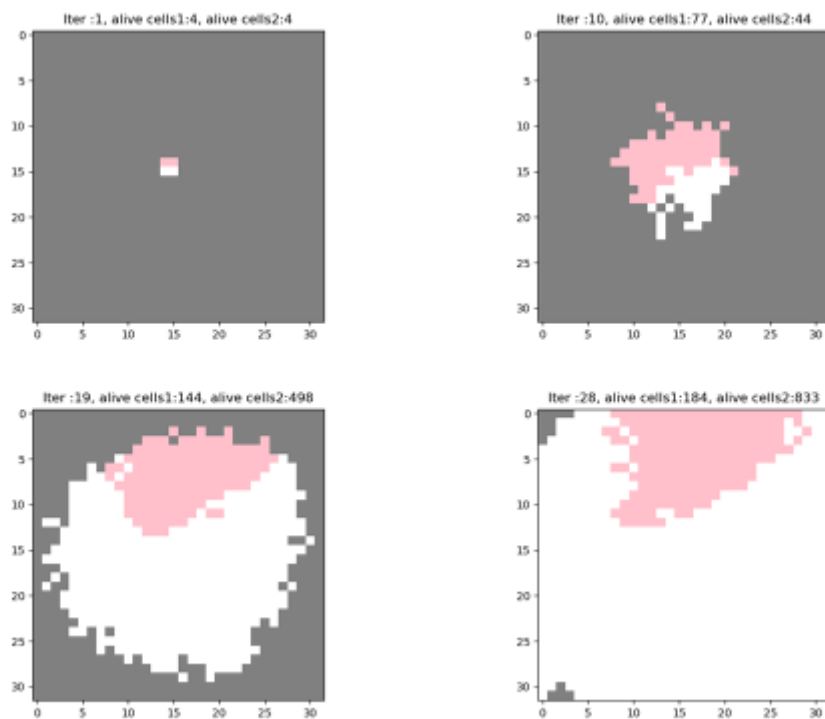
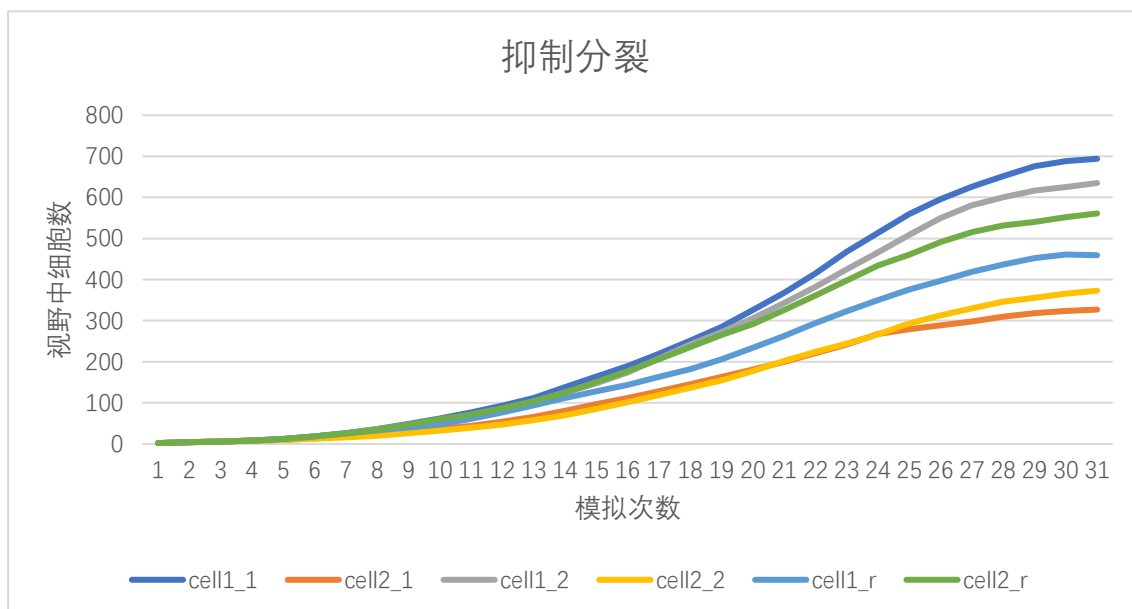


图4 促进分裂， $\text{reaction}=4$ ，
红色为 cell1，白色为 cell2，模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

3.2 抑制分裂

设置 $\text{relation}=1$ （抑制增长速率）； $\text{reaction}=1, 1.5$ 。



cell1_r、cell2_r 是不设置参数的对照组，即两种增殖速率相同且不相互影响的细胞的模拟。对比发现，当 reaction 为 1 时，cell_1 对 cell_2 的增殖抑制效果

最明显。

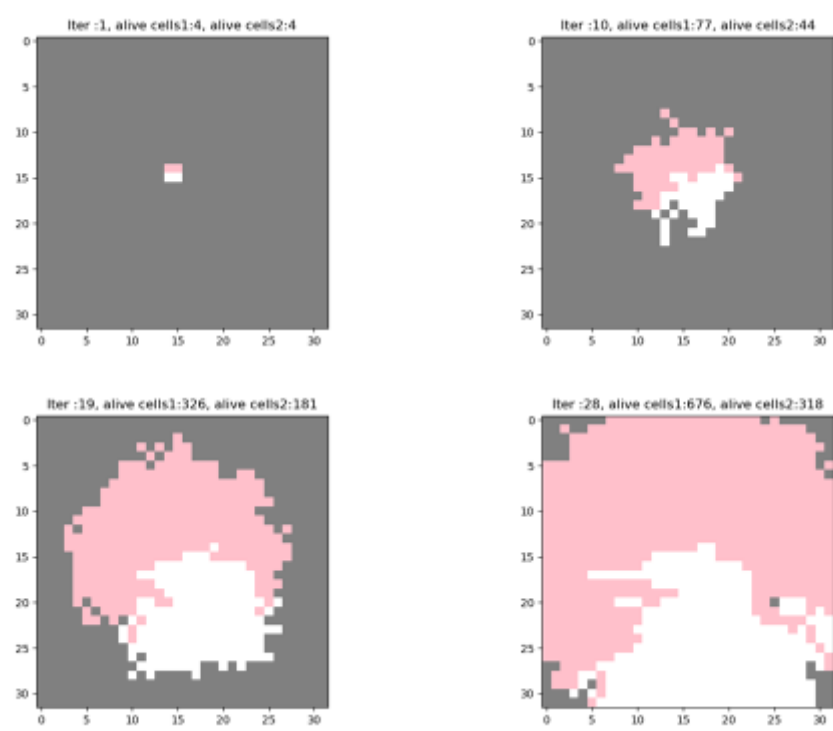
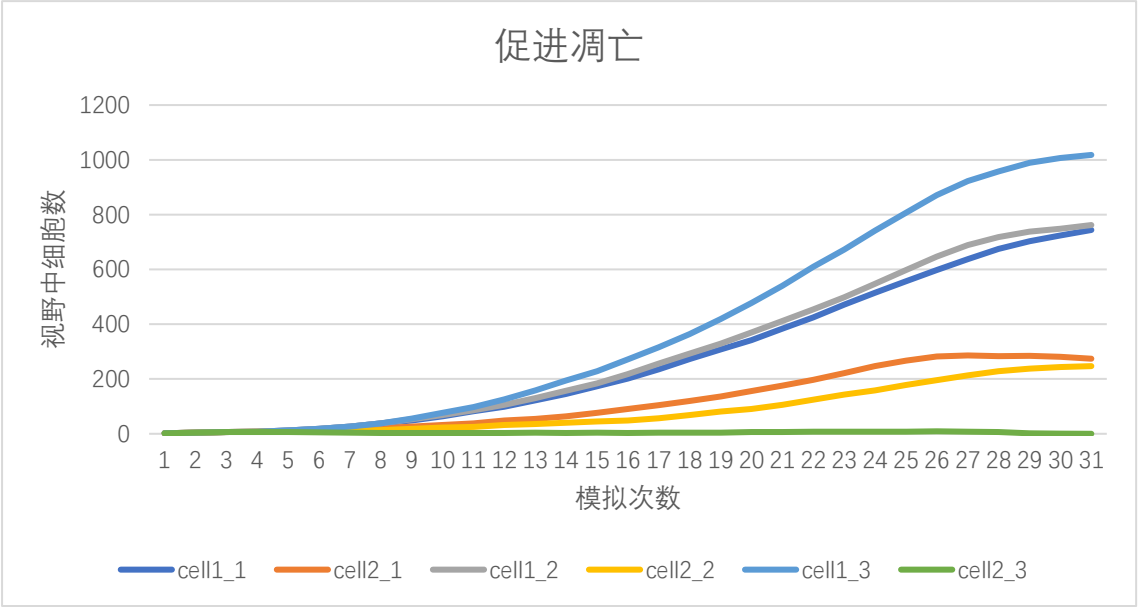


图 5 抑制分裂，reaction=1
红色为 cell1，白色为 cell2,模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

3.3 促进凋亡

调整 reaction_d 的值为 0.5，1，2。reaction_d 是衡量细胞对相邻细胞凋亡速率的反应程度的参数。其余参数保持为 0。



cell_2 受到 cell_1 促进凋亡的影响，当 reaction_d 为 2 时，cell_2 几乎无法增殖，凋亡促进效果明显。

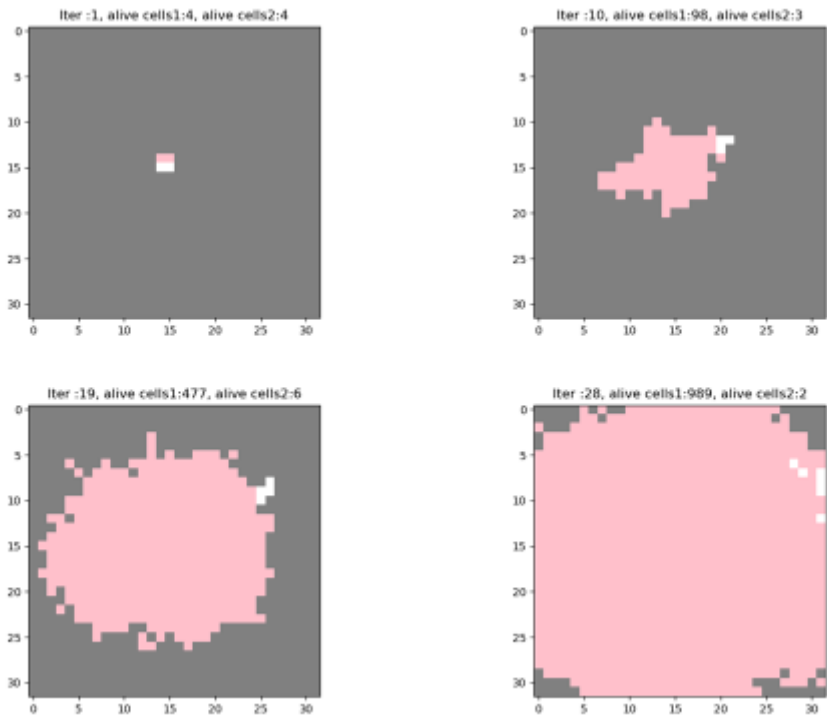
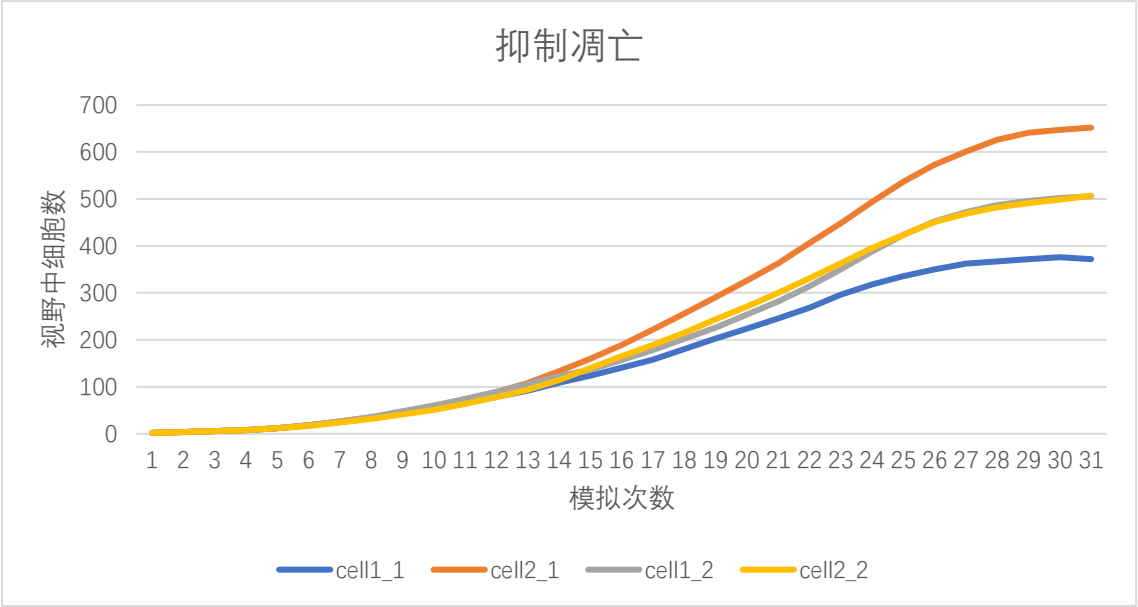


图 6 促进凋亡，reaction=2
红色为 cell1，白色为 cell2,模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

3.4 抑制凋亡

relation_d = 1（抑制凋亡速率）；调整 reaction_d 的值为 0.5，0.8。



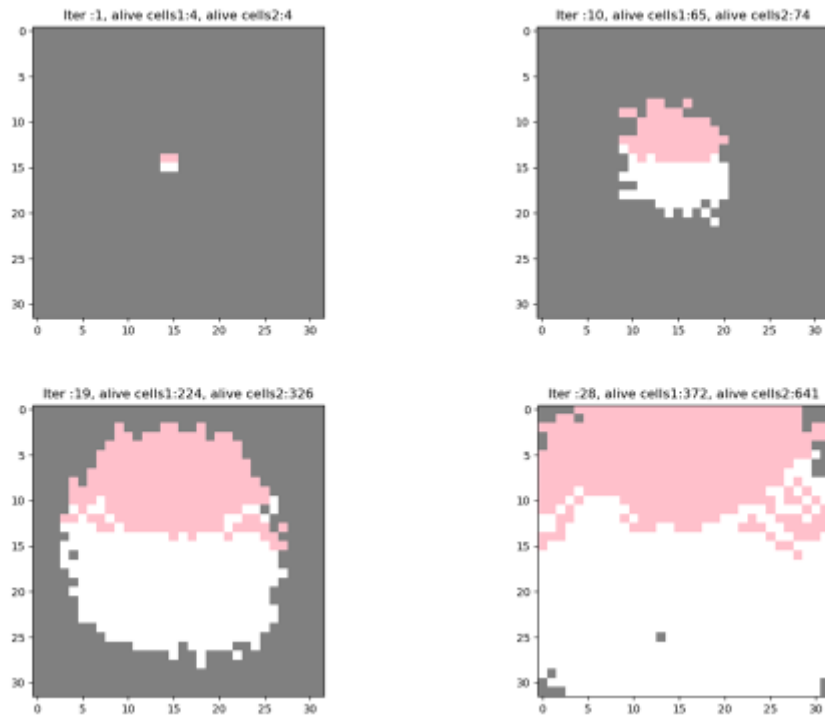


图 7 抑制凋亡， $\text{reaction}=0.5$

红色为 cell1，白色为 cell2，模拟次数 t 分别为 1，10，19，28

发现当 $\text{reaction_d}=0.5$ 时，cell2 数量有显著增长。 reaction_d 参数过大反而失去影响。