

Maria J. Król

BAKTERIE UTLENIAJĄCE
SIARKĘ ELEMENTARNĄ
I REDUKUJĄCE SIARCZANY

MONOGRAFIE
I ROZPRAWY
NAUKOWE

27

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	9
1.1. SIARKA	9
1.1.1. Cykl siarki	9
1.1.1.1. Mineralizacja siarki organicznej.....	10
1.1.1.2. Unieruchomienie siarki mineralnej	11
1.1.1.3. Utlenianie związków mineralnych siarki	11
1.1.1.4. Redukcja siarczanów i siarki rodzimej.....	12
1.1.1.5. Aerozole siarczanowe.....	12
1.1.2. Alotropia siarki	12
1.1.3. Emisja siarki do atmosfery	14
1.1.4. Kwaśne deszcze	17
1.1.4.1. Skutki kwaśnych deszczów	18
1.1.5. Zastosowanie siarki	19
2. WYSTĘPOWANIE SIARKI W GLEBIE	20
2.1. ZWIĄZKI NIEORGANICZNE SIARKI W GLEBIE	20
2.2. ZWIĄZKI SIARKI ORGANICZNEJ	23
2.3. OGÓLNA ZAWARTOŚĆ SIARKI W GLEBIE	23
2.4. SIARKA PRZYSWAJALNA DLA ROŚLIN	27
2.5. PRZEMIANY SIARKI W GLEBIE	29
2.5.1. Wpływ czynników środowiska na przemiany siarki w glebie	29
2.5.1.1. Wpływ siarki elementarnej na aktywność mikrobiologiczną gleb.....	33
2.5.2. Mineralizacja siarki organicznej	35
2.5.3. Unieruchamianie siarki mineralnej	36
3. UTLENIANIE MINERALNYCH ZWIĄZKÓW SIARKI	36
3.1. DROBNOUSTROJE BIORĄCE UDZIAŁ W BIOLOGICZNYM UTLENIANIU SIARKI	37
3.2. <i>ACIDITHIOBACILLACEAE</i>	39
3.2.1. <i>Thiobacillus (Acidithiobacillus)</i>	39
3.2.2. Mechanizm utleniania siarki i jej związków przez bakterie z rodzaju <i>Thiobacillus (Acidithiobacillus)</i>	46
3.3. <i>THIOTRICHACEAE</i>	53
3.3.1. <i>Thiothrix</i>	53
3.3.2. <i>Achromatium</i>	54
3.3.3. <i>Beggiatoa</i>	54
3.3.4. <i>Leucothrix</i>	54
3.3.5. <i>Thiobacterium</i>	54
3.3.6. <i>Thiomargarita</i>	55

3.3.7. <i>Thioploca</i>	55
3.3.8. <i>Thiospira</i>	55
3.4. <i>ARCHAEA</i>	55
3.4.1. Błona cytoplazmatyczna <i>Archaea</i>	56
3.4.2. Ściana komórkowa <i>Archaea</i>	56
3.5. <i>SULFOLOBACAE</i>	57
3.5.1. <i>Sulfolobus</i>	57
3.5.2. <i>Acidianus</i>	58
3.5.3. <i>Metallosphaera</i>	59
3.5.4. <i>Stygiolobus</i>	59
3.5.5. <i>Sulfurisphaera</i>	60
3.5.6. <i>Sulfurococcus</i>	60
3.6. <i>THERMOPROTEACEAE</i>	60
3.6.1. <i>Thermoproteus</i>	60
3.6.2. <i>Thermofilium</i>	61
3.6.3. <i>Pyrobaculum</i>	61
3.6.4. <i>Caldivigra</i>	61
3.6.5. <i>Thermocladium</i>	62
3.7. <i>DESULFUROCOCCACEAE</i>	62
3.7.1. <i>Desulfurococcus</i>	62
3.7.2. <i>Aeropyrum</i>	63
3.7.3. <i>Staphylothermus</i>	63
3.7.4. <i>Pyrodictium</i>	64
3.7.5. <i>Pyrolobus</i>	64
3.7.6. <i>Thermodiscus</i>	64
3.7.7. <i>Ignicoccus</i>	64
3.7.8. <i>Hyperthermus</i>	65
3.7.9. <i>Stetteria</i>	65
3.7.10. <i>Sulfophobococcus</i>	65
3.7.11. <i>Thermosphaera</i>	66
3.8. <i>ARCHAEOGLOBACEAE</i>	66
3.8.1. <i>Archeoglobus</i>	66
3.8.2. <i>Ferroglobus</i>	66
3.9. <i>THERMOCOCCACEAE</i>	66
3.9.1. <i>Thermococcus</i>	66
3.9.2. <i>Pyrococcus</i>	69
3.9.3. <i>Palaeococcus</i>	69
3.10. MIKROORGANIZMY HETEROTROFICZNE	70
3.10.1. Utlenianie siarki i jej związków przez bakterie heterotroficzne.....	70
4. REDUKCJA SIARCZANÓW	74
4.1. ASYMILACYJNA REDUKCJA SIARCZANÓW	75

4.2. DYSYMLACYJNA REDUKCJA SIARCZANÓW	76
4.2.1. <i>Desulfovibrionaceae</i>	78
4.2.1.1. <i>Desulfovibrio</i>	78
4.2.1.2. <i>Bilophila</i>	82
4.2.1.3. <i>Lawsonia</i>	82
4.2.2. <i>Peptococcaceae</i>	82
4.2.2.1. <i>Peptococcus</i>	83
4.2.2.2. <i>Cryptanaerobacter</i>	83
4.2.2.3. <i>Dehalobacter</i>	83
4.2.2.4. <i>Desulfotobacterium</i>	83
4.2.2.5. <i>Desulfonispora</i>	84
4.2.2.6. <i>Desulfosporosinus</i>	84
4.2.2.7. <i>Desulfotomaculum</i>	84
4.2.2.8. <i>Pelotomaculum</i>	87
4.2.2.9. <i>Sporotomaculum</i>	87
4.2.2.10. <i>Syntrophobotulus</i>	87
4.2.2.11. <i>Thermincola</i>	87
5. BAKTERIE PURPUROWE UTLENIAJĄCE ZREDUKOWANE ZWIAZKI SIARKI	88
5.1. RODZAJE PURPUROWYCH BAKTERII GROMADZĄCYCH SIARKĘ ELEMENTARNĄ NA ZEWNĄTRZ	89
5.1.1. <i>Ectothiorhodospiraceae</i>	89
5.1.1.1. <i>Ectothiorhodospira</i>	89
5.1.1.2. <i>Thiorhodospira</i>	90
5.1.1.3. <i>Halorhodospira</i>	90
5.2. RODZAJE PURPUROWYCH BAKTERII SIARKOWYCH GROMADZĄCYCH SIARKĘ ELEMENTARNĄ WEWNĄTRZ	90
5.2.1. <i>Chromatiaceae</i>	90
5.2.1.1. <i>Chromatium</i>	91
5.2.1.2. <i>Allochromatium</i>	92
5.2.1.3. <i>Halochromatium</i>	93
5.2.1.4. <i>Isochromatium</i>	93
5.2.1.5. <i>Marichromatium</i>	93
5.2.1.6. <i>Rhabdochromatium</i>	94
5.2.1.7. <i>Thermochromatium</i>	94
5.2.1.8. <i>Thioalkalicoccus</i>	94
5.2.1.9. <i>Thioflavicoccus</i>	94
5.2.1.10. <i>Thiorhodococcus</i>	95
5.2.1.11. <i>Thiocapsa</i>	95
5.2.1.12. <i>Thiocystis</i>	95
5.2.1.13. <i>Thiohalocapsa</i>	96
5.2.1.14. <i>Thiorhodococcus</i>	96

5.2.1.15. <i>Thiococcus</i>	97
5.2.1.16. <i>Thiospirillum</i>	97
5.2.1.17. <i>Thiorhodovibrio</i>	97
5.2.1.18. <i>Thiolamprovum</i>	98
5.2.1.19. <i>Lamprobacter</i>	98
5.2.1.20. <i>Lamprocystis</i>	98
5.2.1.21. <i>Thiodictyon</i>	99
5.2.1.22. <i>Thiopedia</i>	99
5.2.1.23. <i>Thiophaeococcus</i>	99
6. BAKTERIE ZIELONE SIARKOWE UTLENIAJĄCE ZREDUKOWANE ZWIĄZKI SIARKI	100
6.1. <i>CHLOROBIACEAE</i>	101
6.1.1. <i>Chlorobium</i>	101
6.1.2. <i>Chlorobaculum</i>	102
6.1.3. <i>Prosthecochloris</i>	102
6.1.4. <i>Chloroherpeton</i>	102
7. ZNACZENIE BAKTERII REDUKUJĄCYCH SIARCZANY W EKOSYSTEMACH ŚRODOWISK NATURALNYCH	103
8. LITERATURA	105
STRESZCZENIE/SUMMARY	143