

も多くなり、養分としての硫黄の効果も示唆された（図 15）。また、発生した匍匐の総長は、表層処理のほうが全層処理よりも長くなり、ムカデ芝の根への影響の結果と考えられた。なおこの傾向は強アルカリ性処理区において顕著であった。検討中の工法では、土壌 pH の調整は土壌表面 2～3cm に限定するため、ムカデ芝の根域への影響は小さいと判断した。

【結果：土壌 pH 処理の維持効果】

強酸性化処理にはその維持期間が長い硫黄華が適当であった（図 16）。pH3.5 に設定するのに必要な硫黄華を添加した場合、施与後 2 ヶ月で pH3.5 に達し、その後上昇に転じたが 4 ヶ月後も pH4 付近に維持されていた。硫酸アルミニウムや硫酸鉄の場合、施与直後は設定 pH の 4 前後であったが、その後上昇して 4 ヶ月後には元の土壌の pH である 5.5～6 に達した。一方、消石灰による強アルカリ性状態の維持期間は短く、pH9、pH10 区どちらも添加直後は 9.5 以上あった pH が 1 ヶ月後には 7.5 付近に低下した。これらの結果より、雑草発生抑制のためには pH の維持期間の長い硫黄華を用いて強酸性化することが適当と考えた。

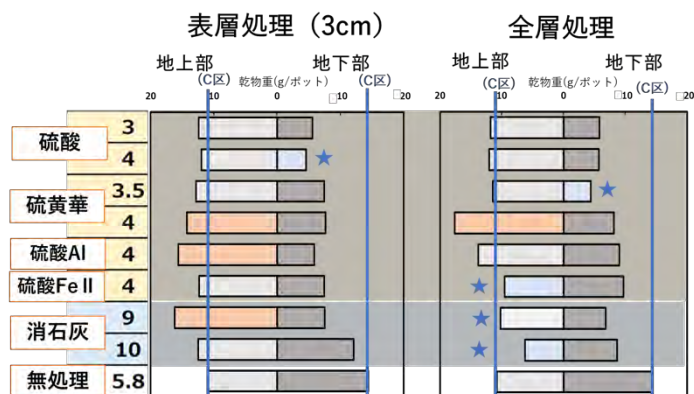


図 14. pH 処理がムカデ芝の地上部、地下部乾物重に及ぼす影響

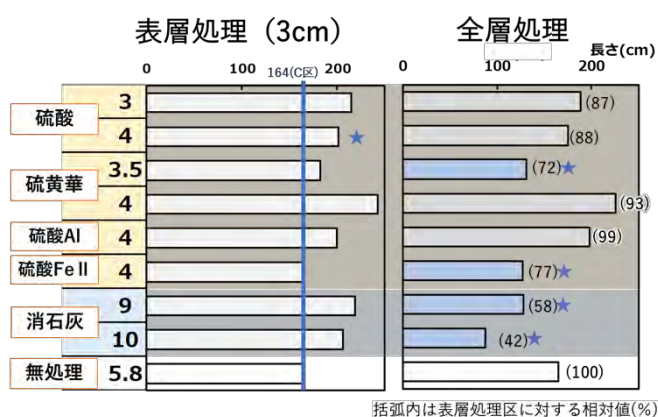


図 15. pH 処理がムカデ芝の総匍匐長に及ぼす影響

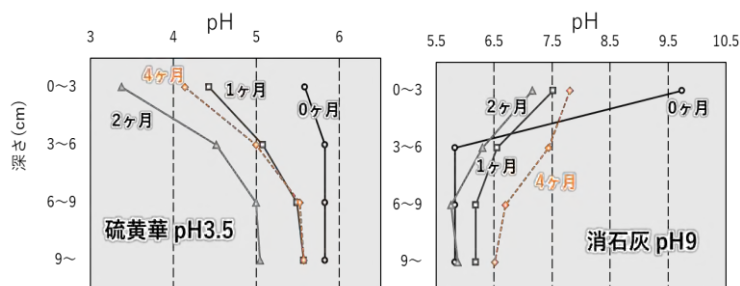


図 16. pH 処理の維持効果

②土壌 pH 調整による雑草抑制とムカデ芝生育への影響（現地畦畔試験）（令和 2,3 年度）

畦畔法面の表面土壌（3cm 厚）の pH を強酸性、強アルカリ性化することによる雑草抑制効果とムカデ芝の生育・被覆への影響を明らかにするために現地畦畔試験をおこなった。とくに、pH 処理をした土壌表面部位が防草マルチのように機能して雑草を抑制できるのかという点に焦点をあてた。

【方法】 紙マルチ試験と同じ畦畔を試験地とした。茎葉処理剤（ラウンドアップ）で除草し、枯れ草を除いて裸地状態にした後、土壌表層 3cm を硫黄華、粒状消石灰を pH 緩衝曲線法で決定した設定 pH するための必要量を散布し、強酸性（設定 pH3、4）、強アルカリ性（設定 pH9、10）処理をおこなった。各処理区への施与量（m² あたり）は、pH3 区 硫黄華 50g、pH4 区 硫黄華 17g、pH9 区 粒状消石灰 667g、pH10 区 粒状消石灰 889g であ

り、散布後直ちに表層 3cm 部位に熊手で混和した。各区の幅は 1.5m とし、1m×1m のコドラートを中央に設置した。2020 年 6 月 24 日に上中下の 3 列・千鳥状にムカデ芝苗（ティフ・ブレア®、200 穴トレイ苗）を定植した（株間 20cm、条間 30cm、14 株/m²）。対照区として pH 無処理区、無植栽区も設置した（各処理区 3 反復設置）。ムカデ芝は、赤色化程度、草高、ランナー本数（10cm 以上）・最長ランナー長、被覆率、雑草によるムカデ芝遮蔽程度、雑草は主要種別に草高を計測し、15cm の高さで計 3 回（8 月 5 日、9 月 2 日、11 月 5 日）刈取り、雑草量を調査した。また、定期的に表面土壌を採取し土壌 pH を測定するとともに、11 月 5 日には深さ 30cm までの土壌 pH のプロファイルを測定した。

【結果：土壌 pH 調整による施工初年度の雑草抑制効果】

表層 3cm の土壌 pH は、強酸性区では 1 週間目から低下しはじめ、処理後約 1 か月で設定 pH まで低下し、その後上昇に転じたが、4.5 ヶ月経過後でも 0.5～1 程度の上昇にとどまった（図 17）。強酸性区の pH は 11 月上旬においても最表層は強酸性状態が維持され（pH3 区 3.8、pH4 区 4.5）、下層にも強酸性処理の影響が及び pH3 区ではムカデ芝の根域は pH4 前後の強酸性状態になっていた（図 18）。強アルカリ性区では消石灰を必要量の 2 倍量を添加したが、設定 pH まで上昇せず中性付近に維持された。消石灰は施与量が硫黄華より多くなるため、作業的に粉末状の資材は扱いにくいと、粒状資材を用いたことが原因と考えられるが、11 月上旬においても最表層は pH7 前後であった。

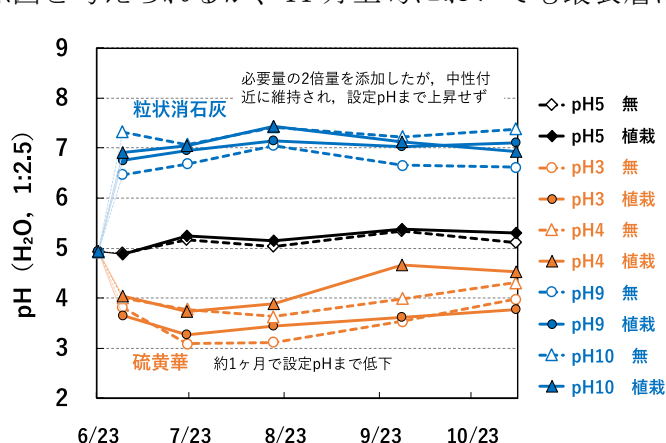


図 17. 各処理区の土壌 pH の経時的変化

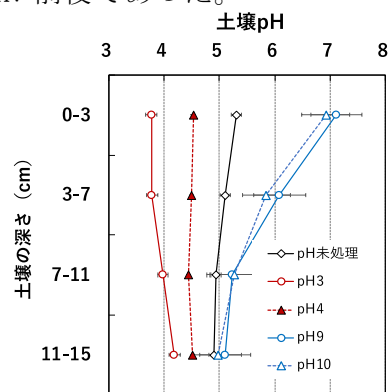


図 18. 資材施与 4.5 ヶ月後の土壌 pH プロファイル

ムカデ芝無植栽区において、定植から 11 月 5 日の間（4.5 ヶ月）に発生した雑草量は、強酸性区で顕著に減少した（図 19 左）。なお、主要な雑草は、定植（6 月 24 日）～8 月 5 日ではスギナ、カヤツリグサ、エノキグサ、8 月 5 日～9 月 2 日ではエノキグサ、メヒシバ、カヤツリグサ、9 月 2 日～11 月 5 日ではスギナ、メヒシバ、ヒレタゴボウ、イヌビユであった。総雑草量は、pH 未処理区に対して pH3 区では 39%、pH4 区では 14%減少しており、強酸性処理による雑草抑制効果が認められた。とくに、定植直後の夏季（定植～8 月 5 日：6 週間）の雑草抑制効果が大きく、pH3 区では 77%、pH4 区では 45%減少した。一方、無植栽の強アルカリ性区では pH 未処理区よりも雑草量が増加した。土壌が中性付近に維持された結果秋雑草量が増加したためと考えられる。定植直後の夏季（定植～6 週間）では、pH9 区で 35%、pH10 区で 13%減少していた。

ムカデ芝植栽区（図 19 右）では、ムカデ芝が被覆した部位の雑草が減るため、pH 未処理区でも総雑草量が減少したが、強酸性化区、とくに pH3 区で顕著に雑草量が減少した（pH 未処理区に対して 58%減）。pH3 区では定植～6 週間、そしてムカデ芝が旺盛に繁

茂する 8 月～9 月、すなわち、高刈りによる雑草管理が重要な期間の雑草発生量が著しく減少していた。pH3 区では定植から 6 週間の雑草量が無植栽・pH 未処理区よりも 85%、植栽・pH 未処理区よりも 70%も雑草量が減少した。強酸性区（pH3、pH4 区）では、最初の除草前の 8 月 5 日においてもほぼ全てのムカデ芝株が明確に目視でき、ムカデ芝の雑草による遮蔽がほとんどなく、ムカデ芝にとって良好な光環境となっていた（図 20）。

以上のことから、雑草抑制には土壌表面を pH3～3.5 の強酸性に維持することが最も効果的であり、強酸性表面土壌が雑草を抑制するマルチのように機能できることが明らかになった。強酸性処理で雑草が効果的に抑制できれば、8 月上旬、9 月中下旬頃の 2 回の草刈りで済むことになり、施工初年度から雑草管理の省力化が可能になる。

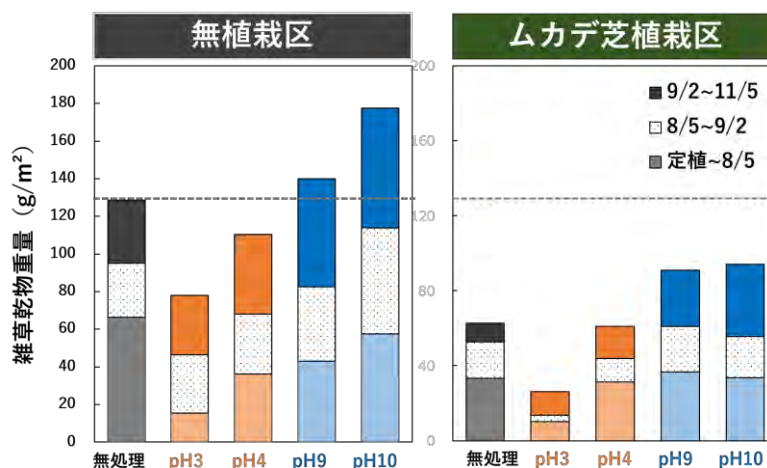


図 19. 土壌 pH 処理による雑草抑制効果

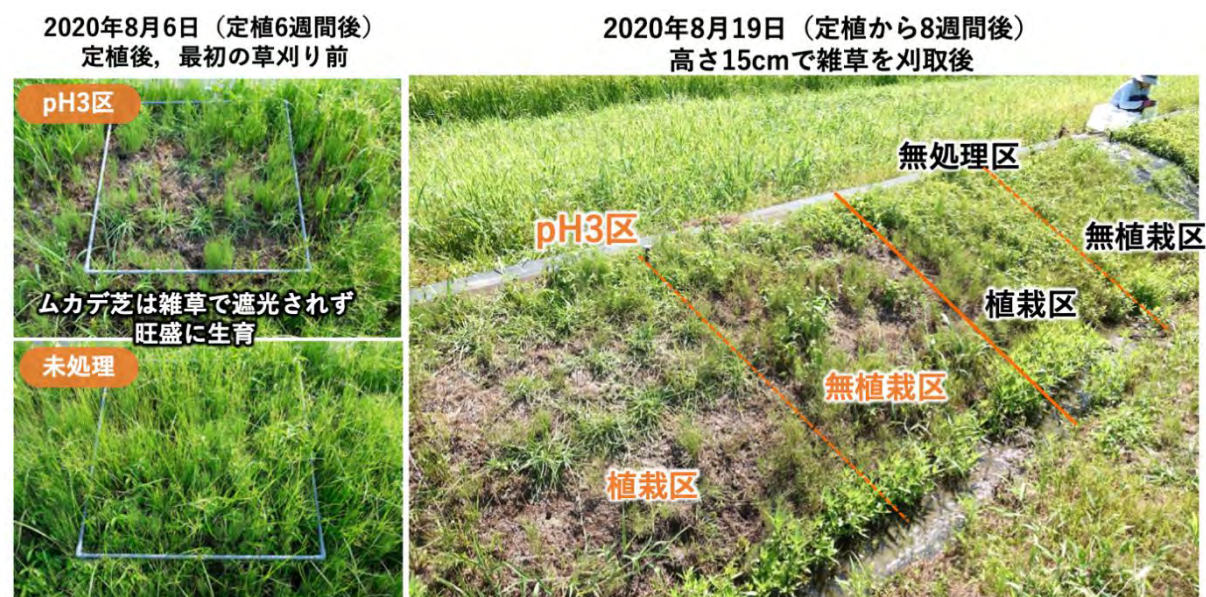


図 20. 土壌表面の強酸性処理による雑草抑制効果

【結果：土壌 pH 調整がムカデ芝の生育に及ぼす影響】 定植 1 週間後、全ての pH 処理区のムカデ芝が赤色化し、2 週間目でピークとなった。赤色化程度は、強酸性区（pH3、pH4 区）において強く、酸ストレスを受けていたと考えられたが、1 ヶ月でほぼ解消し、良好な生育に転じた。

定植 2 か月後（8 月 19 日、これ以降は発生した匍匐を個別に確認できなくなった）の株あたりの匍匐本数は pH3 区が最も多く（平均 3.9 本）、BT 工法区（紙マルチ試験の S 区）よりも平均 1 本程度少なかったものの、pH 無処理区より 1.5 本多く、強酸性処理が雑草を効果的に抑制した結果、ムカデ芝が雑草で遮光されず良好に生育でき、匍匐が旺盛に発生しと考えられた（図 21）。pH4 区は雑草抑制効果が pH3 区より低かったため、その

影響が匍匐本数に反映され、pH3 区よりも少なくなった。

強アルカリ性区は pH3 区よりも匍匐本数が平均 1 本以上少ないが、pH 未処理区よりも若干多く、雑草抑制効果は低いもののムカデ芝の生育を促進する効果が認められた。最長匍匐長は、pH 処理で長くなっており、先のポット試験の結果と同様に地上部成長を促す効果も認められた。なお、pH 無処理区 (C 区) の匍匐本数は、上述の紙マルチ区 (P14) と同程度であったが、最長匍匐長は紙マルチ区より 15cm ほど長く、発生した匍匐の根の活着が初期生育に及ぼす影響の重要性が確認された。

匍匐の発生と伸張に伴いムカデ芝で法面が被覆され、11 月上旬における被覆率は、pH3 区で 82%、pH4 区で 70%に達し、強酸性区は、アルカリ性区 (pH9 区 60%、pH10 区 57%)、pH 無処理区 (52%) より良好な被覆状態となった (図 22、23)。ここで興味深い結果は 8 月下旬までは高く推移していた BT 工法区 (S 区) と紙マルチ区 (P14 区) の被覆率が、最終的に 60~70%に止まり、無マルチの強酸性区より下回ったことである。

ムカデ芝は匍匐の発生・伸張繁茂と匍匐根の活着が相乗的に作用して被覆率を高めてゆく。物理的に雑草を抑えるマルチ工法 (BT 工法、紙マルチ工法) は、定植後 2 ヶ月間はムカデ芝と雑草の競合環境を作らないため、ムカデ芝の匍匐発生を促すが、発生したムカデ芝の匍匐根の土壌への活着がマルチ資材で阻害されるため、9 月以降の生育が抑制され、被覆率増加が頭打ちになっている。BT 工法では 1 年目の生育・被覆状況が良好であっても全ての匍匐根がシートを貫通して土壌に活着できないので 2 年目以降繁茂したランナーに枯れが生じることも観察しており、それに伴う景観悪化や防草シートの劣化と環境への飛散が懸念される。

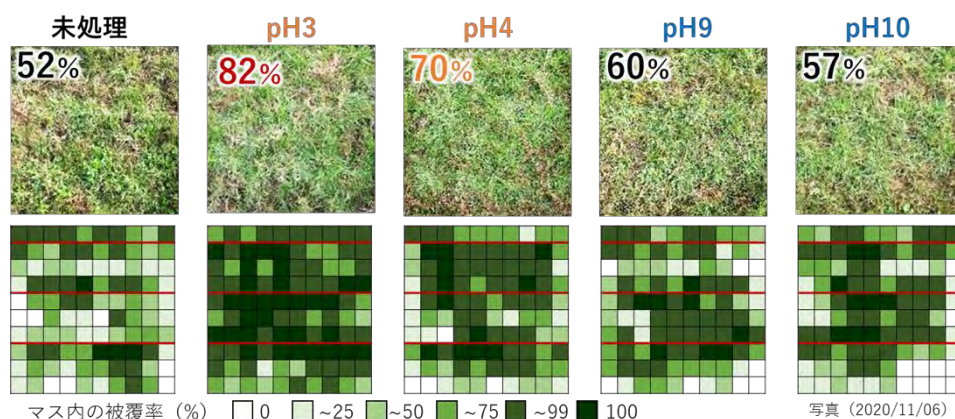


図 23. 定植 5 ヶ月後(11 月 6 日)の最終被覆率

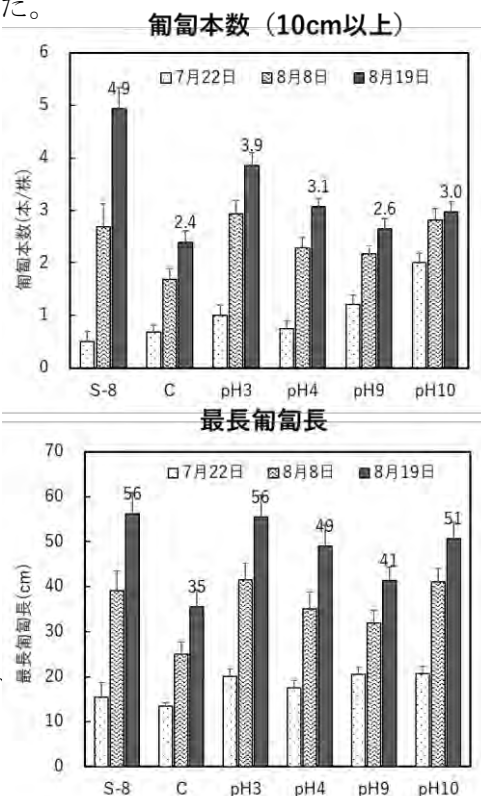


図 21. 土壌 pH 処理がムカデ芝の生育に及ぼす影響

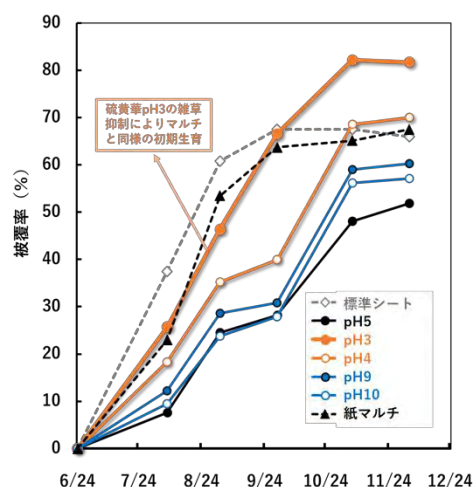


図 22. 被覆率の変化

無マルチ条件では、生育初期は雑草との競合で成長的には不利であるが、徐々に発生してきた匍匐根が土壌に容易に活着できるため、雑草との競合関係が弱まる。9月中旬以降も成長を維持でき、11月上旬頃までに9月下旬以降被覆率を2倍に増加させた。すなわち、無マルチ条件では後半に一気に繁茂する生育相を示していた。

以上のことから、土壌表面を硫黄華で強酸性化する方法は、マルチ区と無マルチ区の長所を活かした方法といえる。生育初期には強酸性化した表面土壌があたかもマルチを敷設したように機能して雑草を抑制してムカデ芝の生育促進、9月以降は繁茂した匍匐がしっかりと根を下ろして成長を維持し続けて法面を被覆してゆく。この傾向が pH3 区の被覆率の推移において顕著に示されていた。

【結果：施行2年目の土壌 pH、雑草発生状況、ムカデ芝被覆状況】

強酸性区の4月上旬の表面土壌 pH は、pH3 区 4.1、pH4 区 4.6 であり、上昇傾向にはあるが依然として強酸性状態を維持していた（図 24）。約 10 ヶ月間の土壌 pH 変動より、強酸性処理は処理後 2 ヶ月程度、雑草抑制に効果的なレベルに維持した後、徐々に上昇し翌春でも比較的強い酸性状態を維持していることが明らかになった。強アルカリ性区は pH10 区で pH が大きく上昇しており pH8.5 に達していた。

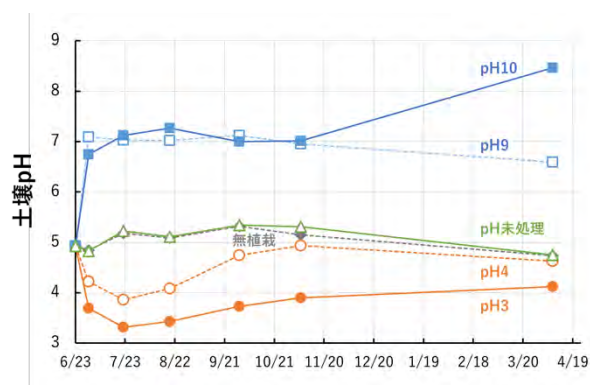


図 24. 表面土壌 pH の経時変化

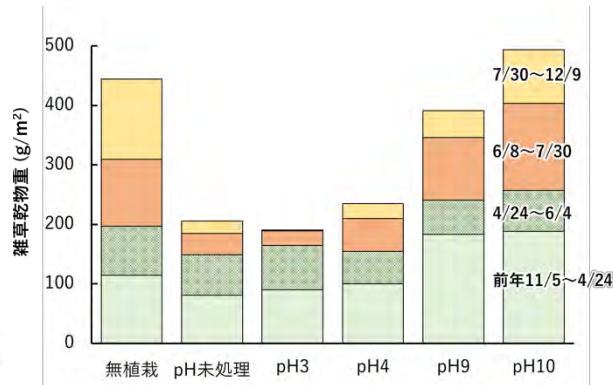


図 25. 2 年目の雑草発生量



図 26. 2 年目のムカデ芝施工畦畔

4 月中旬には、強酸性処理区は全面がムカデ芝で密に被覆され、前年に被覆率が低かった pH 未処理区、強アルカリ性区においても概ね全体に匍匐が広がり被覆していた。しかし、[図 25](#) のとおり良好な被覆状態にある強酸性区を含む全てのムカデ芝植栽区において 4～6 月までは雑草が繁茂した（4 月はスギナ、マメ科雑草、5～6 月単年性イネ科雑草）。2 年目の 5 月のイネ科種子雑草の発生は昨年施工前に発芽していなかった埋土種子由来と考えられる。pH3 区においても pH が 4 程度まで上昇していたため、埋土種子として残存していた雑草の発生を抑制できなかったと考えられる。強アルカリ性区においてはマメ科雑草が多く繁茂しており土壌 pH が中性～弱アルカリ性になっていたことがその要因と考えられる。

強酸性区では、6 月以降にはより密な状態の芝面が形成されており、6 月上旬の高刈り後、夏雑草の発生が抑制され、とくに pH3 処理区では 7 月以降の雑草発生がほとんど認められない状態を維持していた（[図 26](#)）。

【結論】 土壌 pH 調整は硫黄華による強酸性化が有効であり、硫黄華を用いた土壌表面強酸性化処理は初年度の雑草発生を抑制し、ムカデ芝を安定的に被覆させる簡易で効果的な手法といえる。施工畦畔の前処理（不陸除去）やマルチの敷設、さらに紙マルチに穴を空けて苗定植する煩わしさがなく、紙マルチ工法よりも簡易に施工できること、また、施工初年度から草刈り作業を軽減できること、かつ、ムカデ芝の生育・繁茂が促進され、2 年目の初夏までに発生する雑草を刈り取れば、それ以降は雑草が発生し難い法面が形成されることが明らかになった。

3) 土壌表面強酸性化検証試験

畦畔法面土壌の強酸性化処理の有効性についての現地検証試験（令和 3 年度）

令和 2 年度の試験で土壌表面部位（2～3cm）のみを硫黄華で強酸性化することで、苗移植後の雑草発生を大きく抑制しながらムカデ芝の旺盛な生育を促し、定植後 5 か月間で施工部位がほぼ被覆される結果を得た。また、施工初年度から草刈り作業も大幅に軽減できることも示され、土壌表面強酸性化処理法の有効性が確認された。この結果を受けて新たに 4 つの畦畔で本法の効果を検証する試験をおこなった。

【方法：土壌酸性化処理効果検証試験】 鳥取県八頭町内の田中農場が管理する雑草種の異なる 4 箇所の農地畦畔（A、B、C、D）で実施した（[図 2](#) 参照）。2021 年 5 月 22 日に試験畦畔の雑草に茎葉処理剤を散布し、6 月 11 日に枯れ草を撤去した。試験畦畔を裸地に整地後、6 月 23 日に硫黄華を表面散布・混和し、6 月 24 日にムカデ芝苗（ティフ・ブレア®、200 穴トレイ苗）を株間 20 cm、条間 30 cm 間隔（15 株/m²）で定植した。土壌表層 3cm を pH3 にするのに必要な硫黄華量は、pH を 1 低下させるのに必要な施与基準（土壌診断によるバランスのとれた土づくり Vol.1.3 -土壌診断に基づく改善対策-、（財）日本土壌協会）に従って、以下のように算出した。

硫黄華必要量 = pH 下げ幅 × 風乾土 100kg の土壌 pH を 1 下げるのに必要な硫黄華量

pH 下げ幅 = 施工前土壌 pH - 設定 pH

風乾土 100kg の土壌 pH を 1 下げるのに必要な硫黄華量 = 80g

処理区は、無処理区（C 区；無植栽・pH 未処理）、ムカデ芝植栽区（P 区；pH 未処理）、ムカデ芝植栽＋強酸性処理区（P3 区）を設置した（各区 3 反復）。処理区は幅 3m（施工法面の高さ 1～1.3m）とし、中央部に 1m×1m のコドラートを設置し、ムカデ芝と発生する雑草を定期的に調査した（[図 27](#)）。ムカデ芝は草高、最長ランナー長（匍匐本数と相関

あり)、被覆率、雑草による遮蔽程度、徒長状態、雑草は主要種別の草高、雑草量（15 cm 高刈り、計 4 回）を調査した。また、各試験区から定期的に土壌試料を採取し土壌 pH を測定した。



図 27. 硫黄華の散布と定植直後の畦畔

【畦畔の主要雑草】除草剤処理前の 5 月中旬、畦畔 A、B、C はスギナ、ツユクサが主要雑草として繁茂し、畦畔 C にはギシギシも繁茂していた。畦畔 D はチガヤが主要な雑草であった。施工後、畦畔 A、B はメヒシバ、畦畔 C はアメリカセンダングサ、メヒシバ、畦畔 D は多様な雑草種で構成されていた（表 2）。

表 2. 各畦畔の代表的な雑草

畦畔	処理区	7月15日	8月5日	9月9日	10月14日
畔A	C：無植栽区	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	P：植栽区	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	P3：植栽+硫黄華	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
畔B	C：無植栽区	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	P：植栽区	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	P3：植栽+硫黄華	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
畔C	C：無植栽区	アメリカセンダングサ	アメリカセンダングサ	メヒシバ	その他
	P：植栽区	アメリカセンダングサ	アメリカセンダングサ	アメリカセンダングサ	その他
	P3：植栽+硫黄華	アメリカセンダングサ	アメリカセンダングサ	メヒシバ	メヒシバ
畔D	C：無植栽区	その他	メヒシバ	メヒシバ	メヒシバ
	P：植栽区	その他	その他	メヒシバ	その他
	P3：植栽+硫黄華	その他	その他	メヒシバ	メヒシバ

【結果：土壌 pH の経時的変化】土壌 pH の低下傾向は畦畔によって異なった。また、令和 2 年の結果とも傾向が異なった。硫黄華施与後 3 週間で表面土壌 pH は 1.5 程度低下したが、雑草抑制に効果的な pH3 台にまで低下したのは畦畔 C、D のみで（図 28）、畦畔 D は pH3 台後半の強酸性状態を維持できた。令和 2 年試験畦畔では 1 ヶ月で最低 pH に達したが、全ての畦畔で 2 ヶ月以上を要した。畦畔の土壌特性には、土性、土色、理化学性において顕著な差異はなかった。

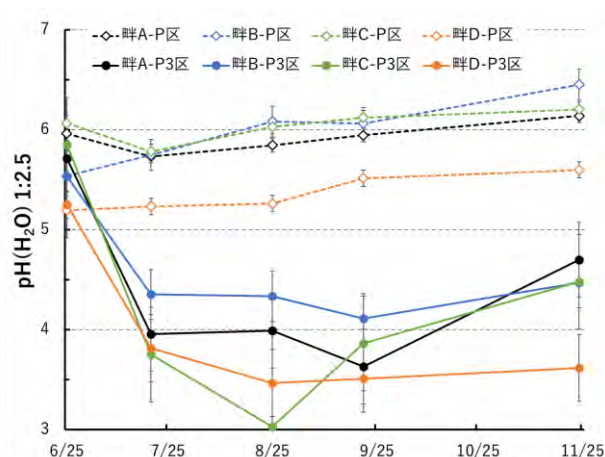


図 28. 表面土壌の pH の推移