

研究成果報告書

研究開発課題名	センチピードグラスを用いた農地畦畔における草刈省力化技術の改良研究
研究総括者	有限会社田中農場 代表取締役 田中 里志
研究開発組合	① 有限会社田中農場 (鳥取県八頭郡八頭町下坂地区を拠点とする農業法人) ② 有限会社アルファグリーン (神奈川県横浜市中区山下町に本社を置く土壌改良剤・環境保全全般の研究開発及び販売会社)
試験研究機関	国立大学法人 鳥取大学

1 事業の実施内容

1. 1 事業の背景及び目的

過疎化や高齢化に伴う、耕作放棄地増加要因の一つに、農地畦畔の草刈り作業が挙げられる。申請者らは、環境に優しい緑化工法による草刈り省力化の新技术を提案する。本緑化工法は、既存の防草資材であるプラスチック製シートに代えて、低コストな生分解性資材である畑地用紙マルチの敷設あるいは、畦畔土壌の pH 調整により雑草発生を抑制した畦畔に、被覆植物としてセンチピードグラス(以下、ムカデ芝と表す)の匍匐茎苗(本事業で開発するムカデ芝匍匐を用いて育苗した苗)を植え付け、短期間(最速で半年間、標準 1.5 年間(施工 2 年目)を想定)で理想的なムカデ芝畦畔を造成する。草刈り省力化の新技术は、従来の畦畔草刈り労力の 9 割削減を目標にする。

1. 2 事業の内容及び実施方法

(1) 研究開発の内容

理想的なムカデ芝畦畔(雑草が発生しにくい・ムカデ芝が優先的に長期間生存可能)を短期間[最速で半年間、標準 1.5 年間(施工 2 年目)を想定]で造成する畦畔緑化技術を開発するために、3 年計画で以下に示す研究および監視・普及活動を実施する。本技術のポイントは、以下の 3 点である。

- ① 環境負荷源となるプラスチック材料の被覆資材を雑草抑制に用いないこと
- ② 活着・生育に優れるムカデ芝苗(匍匐茎苗)つくりとその利用
- ③ より低コスト化、省力化を目指すこと

1) 紙マルチを被覆資材として用いるムカデ芝ピット苗工法の開発(R2 年度)

農地畦畔における草刈り“ゼロ化”化を目指して開発された BT 工法^{*}で用いられるベタ〜とシート[®]は、プラスチック材料であり、長期的に農業生態系への負荷が懸念される。また、材料費が高い。そこで、ベタ〜とシート[®]に代わる低環境負荷・低コストな防草被覆資材として紙マルチを適用した。

畑地用紙マルチを敷設して、敷設畦畔における耐久性(分解特性)、雑草抑制効果、ムカデ芝の生育・被覆状態への影響、紙マルチ敷設が土壌環境(土壌水分、地温等)に及ぼ

す影響、さらに作業性について無マルチ状態、BT 工法※に用いるベタ〜とシート®敷設と比較し、紙マルチ工法の実用可能性を検討した。

※BT 工法：Best Turf 工法。H28～30 年度農林水産省官民連携新技術研究開発事業「農地畦畔における草刈り“ゼロ化”管理の省力化技術の開発」で開発された新工法。プラスチック製専用防草シート（ベタ〜とシート®）を法面に張り、その上にムカデ芝ピット苗を定植する畦畔緑化技術である。

2) 土壌 pH 調整により無マルチで雑草抑制をおこなうピット苗工法の開発（R2～4 年度）

物理的に畦畔法面を被覆して雑草抑制をおこなう方法に代えて、法面土壌表面部分のみ雑草が生育し難い pH 条件に調整して雑草を抑制しつつムカデ芝の生育・繁茂を促す工法を検討した。無マルチで定植後の雑草抑制ができれば、コスト、労力の大幅な削減が可能になる。具体的には、畦畔の土壌表面 pH を硫黄華で強酸性（pH3～4）あるいは消石灰で強アルカリ性（pH9～10）に調整してムカデ芝苗定植後の初期生育時の雑草抑制効果とムカデ芝の生育・被覆状況を比較検討した。また、ムカデ芝の強酸性、強アルカリ性への適応性も検討した。さらに、土壌 pH を安定的に設定レベルに調整するための方法についても検討した。

3) 活着・成長に優れたムカデ芝苗（匍匐茎苗）の開発と匍匐苗工法の検討（R2～4 年度）

ムカデ芝は、発芽後の成長速度が極めて遅く、この間に雑草との競合に負けてしまうことが多い。これが、ムカデ芝による畦畔緑化の失敗原因の一つになっている。この点を克服するためにピット苗を用いる方法があるが、育苗に 2 ヶ月以上を有してしまう。ムカデ芝は、旺盛な匍匐伸長能を有しており、生育適期では日伸長量は 3.4 cm/日に達する。また、節根を有する匍匐茎は旺盛な再生能力があり、これらの特異的な生育特性を活用することで、匍匐茎から効率的に高い生育能を持った苗を短期間で育成できると考えた。本事業では、この匍匐茎苗を短期間で効率的に生産する方法を開発した。

4) 省力化、省コスト化の定量評価

新技術の効果の安定性、確実性も考慮に入れて、資材費、育苗費、敷設～管理作業の時間・強度等を定量的に調査し、従来工法（吹き付け工法、BT 工法）と対比し、省力化、省コスト化の観点から開発する新技術の優位性を明確化する。これらの結果を総合的に解析して作業体系の見直しに適用するとともに、実証試験において、一連の作業・管理体系を踏まえて省力化、省コスト化の効果を検証する。また、新工法の費用対効果を算出するための資料収集を行う。この評価には、実現性の観点から鳥取県農林水産部農業振興戦略監 とっとり農業戦略課研究・普及推進室長、松田悟氏のアドバイスを受けることを予定しており、承諾を得ている。

5) 新工法の「手引き書（マニュアル）」の作成

事業 1 年目、2 年目の各年度に得られる上記の 1～4 の研究結果を取りまとめた結果を評価し（技術的な安定性・優位性、省力化・省コスト化の評価、作業時の安全性等）暫定

版マニュアルとして成果を体系化する。各年度の暫定版マニュアルに基づいて実証試験をおこない、適宜上記の 1～4 の研究にフィードバックするとともに、標準工法としての評価を行い、マニュアルを継続的に改善・修正する。最終年度末に、一連の成果を完成版として取りまとめる。エビデンスデータを盛り込んだ詳細版と普及用の簡易版の 2 つのバージョンを考えている。

（２）実証試験

「環境に優しい雑草抑制法（土壌 pH 調節）によるピット苗工法」と「被覆茎苗工法」を組み合わせた新工法の「手引き書（マニュアル）」に従って実証試験を施工する。上記の 5 に示したとおり、各年度の成果を踏まえて実証試験をおこない、その結果を試験研究、マニュアルにフィードバックし、技術としての完成度を高めてゆく。また、実証試験サイトは展示サイトとしても活用し、地域の農家、行政、土地改良区、農業関連団体への情報発信をおこなう。

（３）機能監視活動

有限会社田中農場が主体となって実証試験後も継続して観察・管理した。この活動には八頭町下坂自治会も協力してもらった。

1. 3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

技術的問題点	対応
紙マルチを農地法面の雑草抑制に適用した事例がなかった。	紙マルチを製造する地元の製紙会社と協議して、定植後最低 2 月以上分解せず雑草抑制効果を持たせるために、耐水性を強化した畑用紙マルチ（120 g/m ² × 130cm 幅 × 30m 巻）を使用することとした。当初の計画では、数種類の紙マルチを供試する予定であったが、雑草抑制効果を重視して 1 種類に限定した。
土壌 pH と雑草生育との研究例はあるが、実際に土壌 pH 調整により農地畦畔の雑草抑制をおこなった事例はない。	既往の土壌 pH と雑草生育の関連性についての研究成果にもとづいて、雑草が生育し難い pH 領域を強酸性側（pH3 台）と強アルカリ性側（pH9 台）に設定した。
ムカデ芝の強酸性、強アルカリ性域への適応についての情報がない。	設定する土壌 pH 条件におけるピット苗の活着性と匍匐根の活着状況について栽培試験を行って確認した。

1. 4 事業の実施体制

(1) 本事業における試験研究機関と事業実施主体との役割分担

【役割分担表】

研究開発の項目	事業主体		研究機関
	(有)田中農場	(有)アルファグリーン	鳥取大学
紙マルチの耐久性、雑草抑制効果	○	○	◎
紙マルチ上におけるムカデ芝苗の生育特性	○	○	◎
紙マルチを用いない雑草抑制法の検討	○	○	◎
活着・成長に優れたムカデ芝苗(匍匐茎苗)の開発	○	◎	○
省力化、省コスト化の定量評価	○	○	◎
新工法の「手引き書(マニュアル)」の作成	◎	○	○
マニュアル検証・作成のための実証試験	◎	○	○
機能監視活動	○	○	
研究開発成果の活用と指導普及体制づくり	○	◎	

(注) ◎は主担当、○は担当 鳥取大学に、研究調査を委託する。

観察活動には田中農場の補助として八頭町下坂自治会も協力する。

1. 5 事業の年度計画と実績

項 目	令和 2 年度		令和 3 年度		令和 4 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
紙マルチの耐久性、雑草抑制効果	■	■	■	■	■	■
紙マルチ上におけるムカデ芝苗の生育特性	■	■	■	■	■	■
紙マルチを用いない雑草抑制法の検討	■	■	■	■	■	■
活着・成長に優れたムカデ芝苗(匍匐茎苗)の開発	■	■	■	■	■	■
省力化、省コスト化の定量評価	■	■	■	■	■	■
新工法の「手引き書(マニュアル)」の作成	■	■	■	■	■	■

マニュアル検証・作成のための実証試験						
機能監視						
研究開発成果の活用と指導普及体制づくり						

注)  は計画、 は実績。

1. 6 研究開発の概要、結果、課題等

(1) ムカデ芝ピット苗を用いた低コストで省力的な畦畔緑化工法の開発

特別な装置を用いず人力施工可能なムカデ芝ピット苗による緑化工法は、少人数で小面積の施工に適用しやすい。ピット苗定植法において重要な点は、生育に良好な光環境を作り、施工初年度に雑草に負けないようにムカデ芝を生育させることである。

ムカデ芝の初期生育は畦畔に繁茂する雑草よりも遅いため、ムカデ芝苗を定植後、適切に雑草管理をおこなわないと、ムカデ芝は雑草に覆われ生育不良となり良好な被覆状態にできない。そのため、生育初期段階での雑草抑制が重要である。

そこで、畦畔の法面表面をマルチ資材で物理的に覆って雑草の発生を抑え、ムカデ芝の生育が雑草に抑制されないようにする手法を検討してきた。そこで、H28～30 年度農林水産省官民連携新技術研究開発事業において、ムカデ芝匍匐根の貫通性を高めた防草シート（べた〜っとシート®）で被覆して苗を定植する工法（BT 工法；畦畔管理省力化組合、2019）を開発したが、プラスチック素材の防草シートは、劣化するとマイクロプラスチック化して農業生態系内に負荷されるリスクがあること、また高い導入コストが課題となった。これらの課題を踏まえ、初期導入コストと環境負荷、さらに作業の労力を低減するために、2つの雑草抑制手法を適用して更なる改良に取り組んだ。

一つは、畑地用紙マルチで物理的に雑草抑制する方法、もう一つは、マルチ資材で被覆せず、畦畔の土壌表面 pH を調整して雑草の生えにくい状態にして雑草抑制する方法である。後者の手法は、ムカデ芝の生長と被覆には匍匐根の活着が重要であり、土壌表面を物理的に被覆しないほうが望ましいという、令和元年の予備試験結果を受けて検討することとしたものである。

令和元年からの予備試験結果を踏まえ、[図 1](#) に示した取り組みフローのとおり、[図 2](#) に示した地点において、低コストで省力的なピット苗移植工法の開発に取り組んだ。ここでは、実証試験に至るまでに取り組んだ以下の 4 つの試験結果の概要を述べる。

- 1) 紙マルチ試験
- 2) 土壌表面 pH 処理試験
- 3) 土壌表面強酸性化検証試験
- 4) 土壌硫黄酸化能評価試験

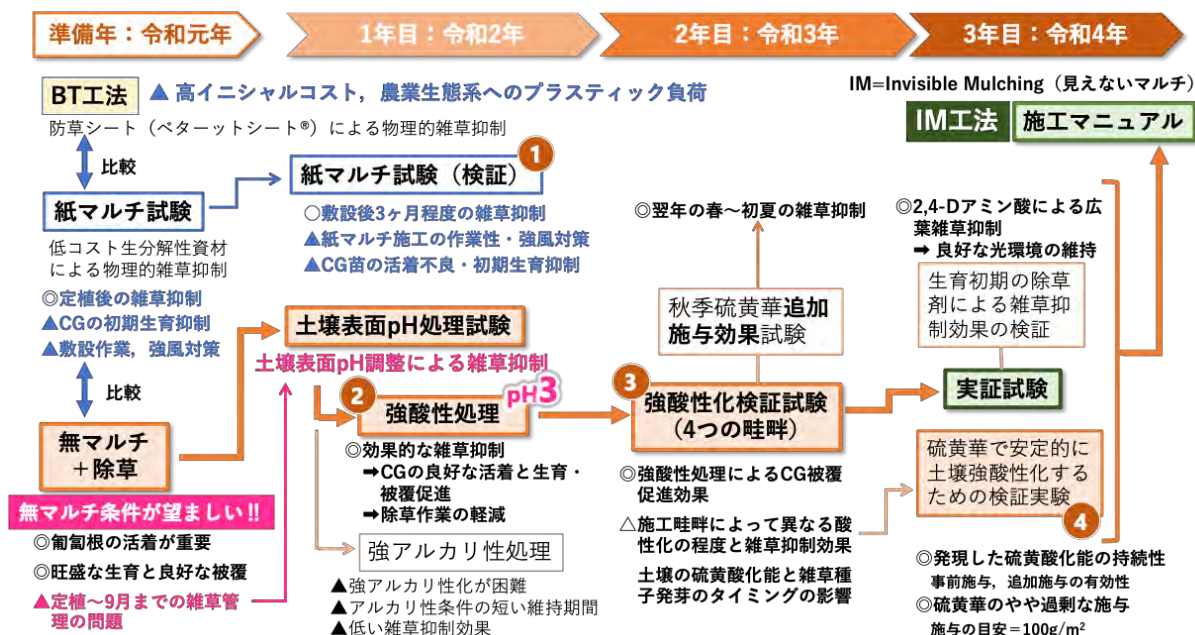


図 1. 低コスト、省力化を目指したムカデ芝苗移植工法の改良・開発の取組



図 2. 試験畦畔

1) 紙マルチ試験

紙マルチを被覆資材として用いるムカデ芝ピット苗工法の開発（令和 2 年度）

BT 工法のベタ〜とシート®代替品として、雑草を物理的に抑制する紙マルチを用いる工法を検討した。

【試験区】 鳥取県八頭町内の田中農場管理農地畦畔（全長 95m、法面の高さ 1.2～1.3 m）を試験地とし、ベタ〜とシート®を敷設する標準区（S）と紙マルチ区（P）を設定した。紙マルチは耐水性を強化した畑用紙マルチ（ $120 \text{ g/m}^2 \times 130\text{cm}$ 幅 $\times 30\text{m}$ 巻；三洋製紙製）を使用した。1 つの試験区幅は 1.5m とし、 $1\text{m} \times 1\text{m}$ コドラートを中央に設置して、ムカデ芝の生育、雑草の抑制効果を調査した。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畦畔法面にマルチ資材を敷設後、ムカデ芝ピット苗（タキイ種苗、ティフブレア 200 穴セルトレイ苗）を 2020 年 6 月 24 日に定植した。植密度は S 区では 8 株/m^2 区（S8 区、BT 工法標準栽植密度）、P 区では無植栽（雑草抑制効果確認のため）、5、8、14 株/ m^2 とし（P0、P5、P8、P14 区）、それぞれ 3 反復設置した（図 3）。また、14 株/ m^2 を植栽した無マルチの対照区（C14 区）も設けた。

【紙マルチ敷設】 2019 年度の試験ではベタ〜とシート®用固定ピンで紙マルチを固定したが、ピン周囲の土壤密着部位において紙マルチの分解が居所的に進行してマルチ固定能が低下し、風による剥離や破れの被害が大きかったため、紙マルチの周囲に杭を打ち、麻紐を格子状に張って紙マルチを固定した（図 4、5）。紙マルチ敷設後、マルチ収縮により法面密着性の低下が生じたため、適宜、杭と麻紐を追加して固定・補修した。

【結果：紙マルチの耐久性と雑草抑制効果】 紙マルチは、敷設後約 3 か月間（9 月下旬まで）雑草発生を効果的に抑制した（図 6）。敷設後約 1 ヶ月経過すると土壤との接触箇所の分解が進行して紙マルチの強度が著しく低下し始めた。麻紐の張り増しや角材（10cm 角・長さ 1.8m）をマルチ上に置く等の強風対策を講じたが、9 月上旬の台風で紙マルチが大きく破損し、その後、破損部位から雑草が発生した。9 月下旬には破損していない部分の分解が急速に進行して雑草抑制効果がなくなった。紙マルチ消失後に発生した雑草量は、植栽密度と対応しており 5、8、14 株/ m^2 の順に低下し、14 株/ m^2 区は 5 株/ m^2 区の半分以下であった（図 7）。

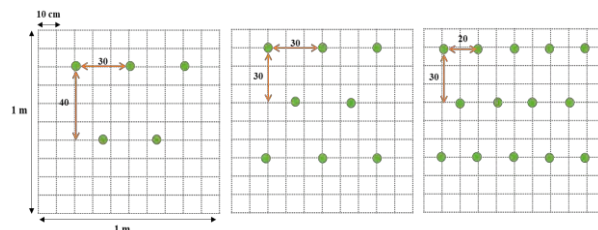


図 3. 栽植密度

（左： 5 株/m^2 ，中央： 8 株/m^2 ，右： 14 株/m^2 ）

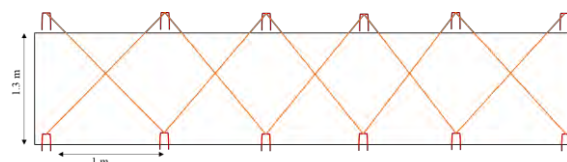


図 4. 紙マルチ敷設の模式図



図 5. 紙マルチ敷設の様子



図 6. 紙マルチの分解過程

【結果：土壌環境とムカデ芝の生育】 紙マルチは透水性がないため、定植したムカデ芝の苗は乾燥ストレスを受け、活着と初期生育が大きく抑制された。9月中旬、降雨後1週間経過後の土壌水分含量を土壌水分センサー（WET センサー、Delta-T 社）で計測したところ、裸地区（無マルチ区）に対して、S 区の水分会量は 15%、紙マルチ区は 23% 低く、紙マルチ下は土壌が乾燥しやすい環境に置かれていた（計測時にセンサーを何カ所も土壌に突き刺して計測することから、紙マルチの破損を避けるため 9 月におこなった）。定植後ムカデ芝苗がもっとも雑草の脅威にさらされる 3 ヶ月間、紙マルチの分解を抑制するためには耐水性を高める必要があり、マルチの持続期間（防草期間）と耐水性はトレードオフの関係があり、ムカデ芝の初期生育には不適な環境となっていた。一方、紙マルチには地温低下効果があった。P 区の 8 月の 10cm 深日平均地温の平均値は 28.4℃であり、シートが黒色の S 区よりも 3.5℃、裸地区より 0.6℃低かった。

ムカデ芝は乾燥ストレスを受けると葉が赤色化する（図 8）。定植後の 1 週間、20mm 以上の降水があったにもかかわらず、透水性のない紙マルチに覆われている P 区ではムカデ芝が顕著に赤色化し、定植後 4 週経過しても 40～70% の株が赤色化した状態にあった。S 区でも株の赤色化が認められたが、P 区よりも軽微で定植 4 週後にはほぼ回復していた（図 9）。

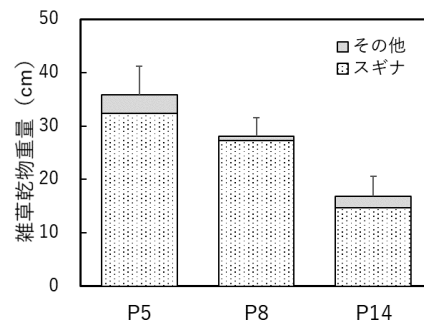
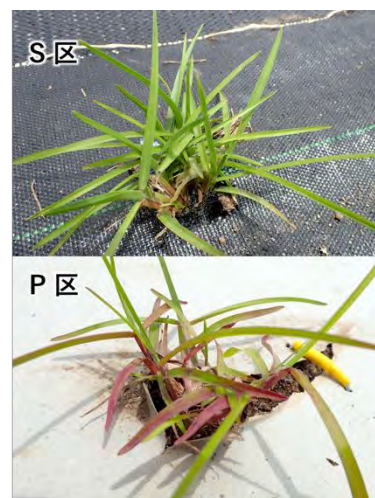
図 7. 紙マルチ区の雑草量
(11 月 5 日)

図 8. 乾燥ストレスによる赤色化

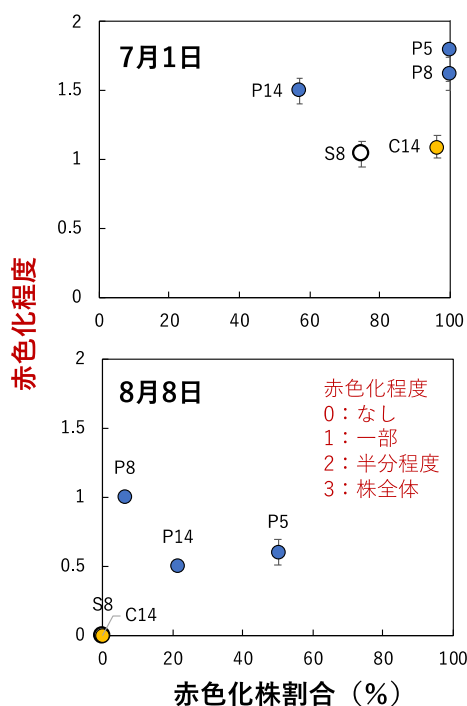


図 9. 赤色化割合と赤色化程度

定植後の乾燥ストレスはムカデ芝の匍匐の発生と伸張に大きく影響し、P 区のムカデ芝の生育は S 区よりも大きく抑制され、S 区に対して成長が約 2 週間遅れた (図 10)。被覆率は定植 3 ヶ月後の 9 月下旬にほぼ一定になった (図 11、12)。S 区 (8 株/m²) 区が最も高く約 70% に達した。P 区の被覆率は植栽密度に対応しており、14 株/m² 区で最も高く 60% 程度あったが、S 区と同じ植栽密度 (8 株/m²) では 30% 程度にとどまり、P 区は施工初年度のムカデ芝の被覆程度が S 区よりも大きく劣る結果となった。

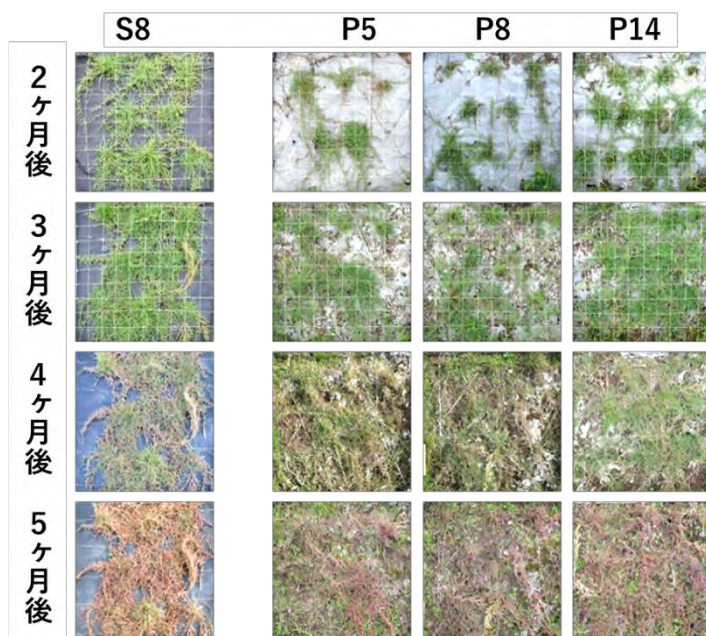


図 11. 紙マルチの劣化と被覆状態の変化

【紙マルチ工法の課題：施工、管理の観点から】

a) 紙マルチ敷設作業の困難性：厚手の紙マルチを使用した、施工法面に不陸や礫があると紙マルチの密着性の低下や破れの原因になるため、施工前の畦畔法面の整備に手間と時間を要する。礫質な畦畔では礫を除いて施工面を平坦にすることは困難であるため紙マルチの適用性は極めて低いといえる。

また、法面の高さが 2m を越えるような畦畔では敷設、定植時に紙マルチを破らないように作業することは大変であり作業性の点で適用が難しい。さらに、強風時や雨天時の敷設は困難であり作業計画を立てづらいという問題がある。

b) 敷設後のマルチ管理（風対策）：杭（竹串）と麻紐で紙マルチを固定するが、わずかな隙間があるとそこから風が吹き込み、風にあおられて紙マルチが剥がれたり破れたりする原因になる。そのため、紙マルチの法面への密着性が重要であるが、実際の敷設では困

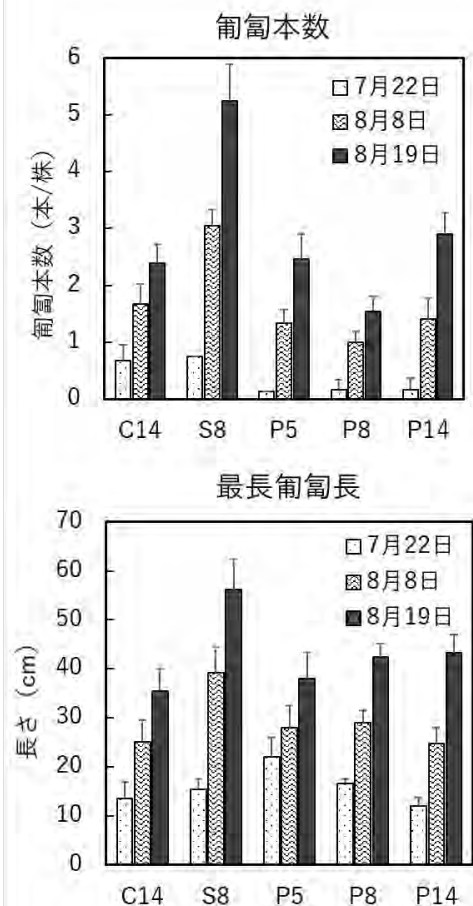


図 10. 匍匐本数と最長匍匐長

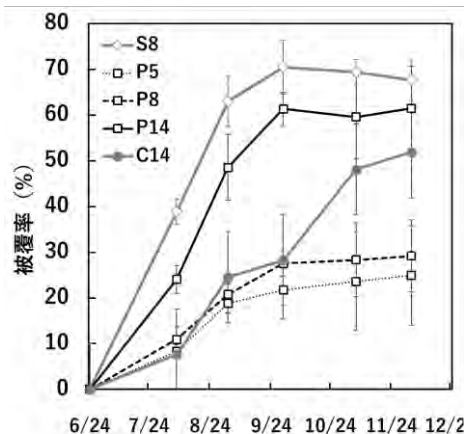


図 12. 被覆率の変化

難を伴う作業であり作業効率も低下する。また、敷設後 2 週間程度で紙マルチの収縮によって密着性が低下するため、敷設後、密着不良箇所や風で破損した箇所を補強したり修繕したりすることが必要である。とくに、定植後 1 ヶ月間は注意深い監視と管理が必須である。

c) ムカデ芝苗の定植の煩わしさ：カッターナイフで紙マルチを十字に切り裂いて定植穴を空けて定植するが、大きな植え穴を空けるとそこが雑草発生部位になるため大きさは最小限にしなければならない。S 区も含めてシート上に苗を植える方法に共通する問題であるが、植え穴を空けた箇所に礫やモグラの穴があり、植え付けができないことが多々ある。これにより作業効率が低下するとともに、活着不良の原因にもなる。さらに、紙マルチを土壌で汚した部位は分解が早まるため、極力紙マルチを土壌で汚さないように作業をする必要がある。なにより、紙マルチを破らないように作業をする必要があり、これが作業の効率を大きく低下させる。

【紙マルチ工法の課題：ムカデ芝の生育の観点から】

a) 紙マルチの収縮への対応：敷設、定植後、紙マルチが収縮するため、紙マルチ上の植え穴と定植したムカデ芝株の位置がずれ、苗が紙マルチの下に隠れてしまう問題が生じやすい。そのため、定植後 1～2 週間は、紙マルチの下に隠れた苗を日が当たるように引き出す対応が必須である。エンボス加工マルチを用いれば、収縮問題は軽減できると思われるが完全には回避できない。

b) 乾燥ストレスによる生育抑制：紙マルチは透水性がないため、ムカデ芝は乾燥ストレスにより活着、初期生育が抑制され、これが初年度の被覆率を低下させる原因となった。3～4 ヶ月で紙マルチが分解されるため、2 年目は雑草を刈り取る管理を徹底すれば、生存株により畦畔をほぼ被覆することができるとは思われるが、紙マルチの施工と管理に要する手間と時間を考慮するとその利点を見いだすことが難しい。

【結論】 紙マルチ工法は、定植後 3 ヶ月間の雑草抑制効果が高く初年度の除草管理は軽減されるが、乾燥ストレスでムカデ芝の初期生育が抑制されるため、初年度に良好な被覆状態にするのが困難であると結論された。また、作業性および適用性において問題があり、紙マルチを用いる利点を明確化できなかった。

2) 土壌表面 pH 処理試験

土壌 pH 調整により無マルチで雑草抑制をおこなうピット苗工法開発（令和 2～3 年度）

生分解性資材である紙マルチ敷設の雑草抑制効果の有効性を確認したが、作業性の悪さと定植後のムカデ芝の生育抑制が課題となった。これらの結果を踏まえて、施工作業の簡易化と雑草抑制効果の両立のために、土壌表面を物理的に被覆する手法に代わる新たな方法を検討した。その手法とは、施工法面土壌表面部位（2～3cm）のみを雑草の生育し難い環境（強酸性あるいは強アルカリ性）にして、そこにムカデ芝ピット苗を定植するものであり、以下の 2 点を検討し、硫黄華による土壌表面酸性化処理の有効性を見いだした。

①土壌 pH 調整資材の選定とムカデ芝の土壌 pH 適応性（屋外ポット試験）

②土壌 pH 調整による雑草抑制効果とムカデ芝生育への影響（現地畦畔試験）

①土壌 pH 調整資材の選定とムカデ芝の土壌 pH 適応性（屋外ポット試験）（令和 2 年度）

土壌表面の土壌 pH 調整による雑草抑制方法を現地に適用するために、土壌 pH の調整資材、ムカデ芝苗の強酸性から強アルカリ性の適応性を検討した。

【方法】 雑草の pH 適応性に関する既往の研究（図 13）から酸性条件は pH4 以下、アルカリ性条件は pH9 以上に設定することとし、表 1 に示すとおり表層 3cm、全層の土壌 pH を強酸性（pH3、3.5、4）、強アルカリ性（pH9、10）に調整した水田土壌（畦畔土壌を想定、5 年以上雑草管理のみの休耕田）充填ポット（底部有孔）にティフブレア®200 穴トレイ苗（タキイ種苗）を定植して 2 ヶ月間栽培した（2020/7/17～9/15、適宜灌水、3 連）。また、土壌 pH 維持効果を検討するため、表層 3cm のみ同様に pH 調整した後、無植栽で 7/17 に屋外に設置し（無灌水、2 連）、1、2、4 ヶ月後に深さ別に土壌 pH を測定した。さらにトレイ（縦 505×横 350×深さ 100 mm）に同土壌を充填し、表層 3cm を pH 調整（3.5、4、9）後、7/23 に定植したムカデ芝苗から発生した匍匐根の活着状況を調査した。

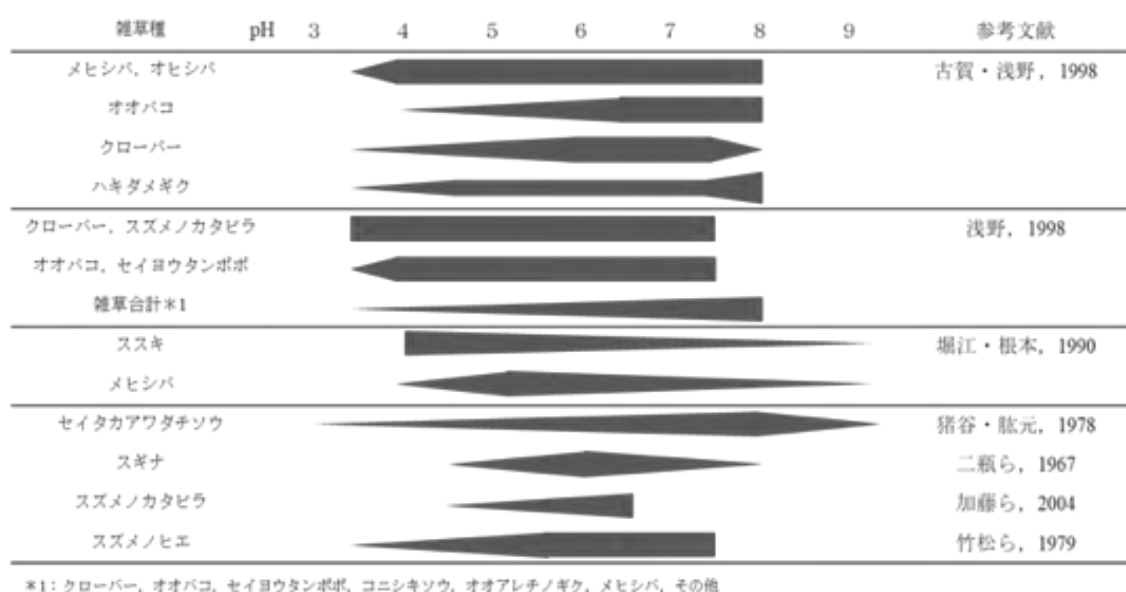


図 13. 先行研究における雑草生育と土壌 pH の関係

【結果：土壌 pH 処理のムカデ芝生育への影響】

ムカデ芝苗は広範な土壌 pH 条件（pH3～9）に適応でき、匍匐根は pH3.5、pH9 でも活着できたことから、畦畔土壌を雑草生育抑制可能な強酸性あるいは強アルカリ性に設定してもムカデ芝を適用できる結果を得た。表層、全層処理いずれも、全ての pH 処理区で根の乾物重が低下し、ムカデ芝根は強酸性、強アルカリ性により負の影響を受けたが、地上部の乾物重は増加した（図 14）。pH 処理で地上部が増加する反応は畦畔被覆には効果的に作用すると考えられた。総匍匐長は、硫黄華の pH4 全層処理で最

表 1. 実験条件

処理区		①栽培試験	②匍匐根接地試験	③pH維持効果試験
処理区	設定 pH	処理部位	処理部位	処理部位
硫酸	SA	3 表層3cm 全層		
		4 表層3cm 全層		
硫黄華	S	3.5 表層3cm 全層	表層3cm	表層3cm
		4 表層3cm 全層		表層3cm
硫酸アルミニウム	Al	4 表層3cm 全層	表層3cm	表層3cm
硫酸鉄(II)7水和物	Fe	4 表層3cm 全層	表層3cm	表層3cm
消石灰	Ca	9 表層3cm 全層		表層3cm
		10 表層3cm 全層	表層3cm	表層3cm
無処理	C	5.81		