



# Podridões radiculares e tuberização na cultura da mandioca em resposta à inoculação das manivas-semente com *Trichoderma asperellum*

Submissão: 04/08/2025

Aceite: 16/09/2025

Adriano Saquet<sup>1</sup>, Odair Dalagnol<sup>2</sup>, Jenifer Bäcker<sup>3</sup><sup>1</sup>Professor do Instituto Federal Farroupilha – Campus Panambi, Rua Erechim 860, 98280-000 Panambi, RS, Brasil. ORCID 0000-0002-7359-786X<sup>2</sup>Professor do Instituto Federal Farroupilha – Campus Panambi, Rua Erechim 860, 98280-000 Panambi, RS, Brasil. ORCID 0009-0001-9582-5704<sup>3</sup>Acadêmica do Curso de Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Farroupilha – Campus Panambi, Rua Erechim 860, 98280-000 Panambi, RS, Brasil. ORCID 0009-0001-3616-6032Autor para correspondência: Adriano Saquet – [adriano.saquet@iffarroupilha.edu.br](mailto:adriano.saquet@iffarroupilha.edu.br)

**Resumo:** Uma grande área de cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), no Rio Grande do Sul, ocorre em solos argilosos e úmidos ocasionando elevadas perdas por podridões radiculares. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a eficácia da inoculação das manivas-semente, da cultivar ‘Polpa Amarela’, com *Trichoderma asperellum*, no controle de podridões radiculares, no processo de tuberização e no tempo de cozimento das raízes. O experimento foi conduzido em vasos enterrados, com volume de 20 L de solo, sendo as manivas inoculadas na concentração de  $1 \times 10^7$  esporos mL<sup>-1</sup> e acondicionadas, verticalmente, uma unidade em cada vaso. Até o quinto mês após o plantio (MAP) foram realizadas análises mensais, sendo a avaliação final conduzida aos oito MAP. No segundo MAP somente raízes fibrosas foram observadas em plantas de ambos os tratamentos. Entretanto, no terceiro MAP, o teste do iodo-amido evidenciou tuberização em raízes com 5 mm de diâmetro, em plantas de ambos os tratamentos. Na avaliação final, aos oito MAP, não houve diferença no rendimento e na ocorrência de podridões radiculares. A inoculação, também, não afetou o grau de aderência da casca e o tempo de cozimento que foi de 19 e 21 min para raízes de plantas inoculadas e controle, respectivamente. Pode-se concluir, portanto, que o processo de tuberização, da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’, tornou-se perceptível aos três MAP e que a inoculação com *Trichoderma asperellum* não teve influência na ocorrência de podridões e no rendimento de raízes tuberosas.

**Palavras-chave:** Controle biológico, doenças radiculares, *Manihot esculenta*, raiz tuberosa, tempo de cozimento.

## 1. Introdução

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta elevada importância na culinária dos brasileiros em geral. A espécie é originária da América do Sul, muito provavelmente, da região Amazônica, sendo as cultivares com ciclos que variam de seis a mais de 30 meses (Valle, 2005). De acordo com a FAO (2023) o Brasil situa-se entre os quatro maiores produtores mundiais de mandioca e, no Rio Grande do Sul, não diferentemente, as raízes tuberosas das diversas cultivares são muito apreciadas em vários pratos da culinária gaúcha. É usada em combinação com carnes, frita em forma de palitos, chips, bolinhos entre outras variações culinárias desenvolvidas pela população em geral (Halsey et al., 2008).

A região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul é caracterizada, predominantemente, por solos de textura argilosa e com dificuldade para drenagem, principalmente no período de inverno. No entanto, as podridões radiculares também ocorrem durante o verão quando chuvoso (Saquet, 2024). O uso de cultivares com ciclo de até oito meses é estratégico, pois ao estabelecer as lavouras em final de agosto, início de setembro, o produtor local poderá realizar a colheita previamente ao início do inverno do ano seguinte. Ao avançar o ciclo de produção além dos oito meses, a época de colheita adentra o inverno gaúcho, causando maior risco de perdas de raízes em função de podridões radiculares, além da maior aderência da casca e do maior tempo para cozimento das raízes tuberosas (Tagliapietra et al., 2021; Saquet, 2024).

Além de estratégias conservacionistas para favorecer a drenagem do solo, tais como a subsolagem, o uso de cobertura vegetal, viva ou morta, têm-se verificado em várias culturas que o emprego de fungos do gênero *Trichoderma* spp. tem se mostrado eficiente no controle de fungos causadores de podridões radiculares (Azevedo et al., 2021; Steffen et al., 2022). O processo de controle dos patógenos por *Trichoderma* spp. pode ocorrer de forma direta a partir do micoparasitismo, antibiose e competição ou de forma indireta pelo aumento da eficiência do sistema de defesa da planta (Guzmán-Guzmán et al., 2023). Buensanteai & Athinuwat (2012) obtiveram resultados promissores com *Trichoderma virens* no controle de podridão do caule em mandioca cultivada na Tailândia. No Brasil, Brito et al. (2018) observaram inibição *in vitro* de patógenos causadores de podridão radicular da mandioca por isolados de *Trichoderma* spp. Em condições de lavoura, segundo Stefanello et al. (2017) o cultivo da mandioca no Brasil vem enfrentando graves problemas com doenças como a podridão radicular ocasionada por *Phytophthora* spp. e *Fusarium* spp., que inutilizam áreas de plantio e inviabilizam o cultivo por longos períodos.

Além da possibilidade de controle de podridões radiculares, a inoculação com fungos do gênero *Trichoderma* tem se mostrado eficiente no incremento do processo de tuberização e, consequentemente, da produtividade da cultura. Stefanello et al. (2017) investigaram a eficiência do tratamento de mandioca com *Trichoderma harzianum*, cultivada em sistema de preparo do solo convencional e direto, constatando aumento da produtividade em sistema de cultivo convencional em consequência da inoculação. Em trabalho realizado por Steffen et al. (2022) foi observado, inclusive, maior número médio de raízes, maior diâmetro médio de raízes e maior produtividade da cultivar ‘Gema de Ovo’ em função da inoculação com *Trichoderma asperelloides* e *Trichoderma hamatum*.

A região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul possui um grande quantitativo de pequenos produtores de mandioca. No entanto, os solos argilosos e úmidos, predominantes na região, ocasionam perdas significativas por podridões radiculares. Como é muito difícil modificar a textura e estrutura de um solo argiloso a fim de torná-lo mais permeável e aerado, o controle biológico, a

<https://doi.org/10.5380/sa.v21i2.100743>

1



partir do uso de bioformulações, a base de fungos do gênero *Trichoderma* sp. poderá ser uma alternativa viável para o produtor gaúcho de mandioca, que poderá contornar o problema das podridões e, possivelmente, aumentar a produtividade da cultura.

Em função disso, o objetivo principal deste trabalho foi de investigar a eficácia da inoculação das manivas-semente de mandioca cultivar 'Polpa Amarela' com *Trichoderma asperellum* no controle biológico de podridões radiculares, bem como a possível influência do tratamento no processo de tuberização, na produtividade e no tempo de cozimento das raízes tuberosas.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Material vegetal

Ramas com oito meses de cultivo, de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivar 'Polpa Amarela', obtidas da coleção do Setor de Recursos Naturais, do *Campus* Panambi, do Instituto Federal Farroupilha, Panambi, RS, foram usadas para o experimento. Os caules foram cortados em porções (manivas-semente) possuindo, em média, 20,0 cm de comprimento, selecionadas do terço central dos caules, com diâmetro entre 2,5 e 3,0 cm e possuindo de 7 a 8 gemas nodais laterais.

### 2.2. Condições de cultivo

#### 2.2.1. Local e ano

O experimento foi conduzido na área experimental, do *Campus* Panambi, do Instituto Federal Farroupilha, no município de Panambi, RS (Latitude: 28.1650, Longitude: 53.3057 28° 17' 24" Sul, 53° 29' 27" Oeste), durante o ano agrícola 2024-2025, especificamente entre os meses de setembro de 2024 e maio de 2025.

#### 2.2.2. Plantio e amostragem

As mudas foram plantadas no dia 13 de setembro de 2024, em vasos plásticos brancos com volume de 20 L de solo. Os vasos foram dispostos em linha com espaçamento de 1,0 m entre plantas e 1,5 m distante das demais espécies olerícolas. O solo usado nos vasos foi obtido da área agrícola experimental do Setor de Recursos Naturais (RN) do *Campus* Panambi, o qual é um solo argiloso tipo latossolo vermelho distrófico típico. Conforme análise físico-química realizada nas amostras do solo local de cultivo foi quantificado 62% de argila em sua composição, sendo, portanto, caracterizado como um solo argiloso. Cada vaso recebeu uma maniva-semente, a qual foi acondicionada na posição vertical, permanecendo duas gemas acima do solo.

Para o monitoramento do processo de tuberização mensal, foram usadas cinco repetições com as manivas-semente inoculadas com *Trichoderma asperellum* quando do plantio e outras cinco repetições sem inoculação (controle). Foram realizadas, ao total, três aplicações do fungo: uma no plantio e duas aplicações subsequentes a cada 30 dias durante o cultivo. Cada vaso foi considerado uma unidade de observação (repetição). A amostragem para o monitoramento do processo de tuberização foi realizada aos 2, 3, 4 e 5 meses após o plantio (MAP).

Para o monitoramento da ocorrência de podridões radiculares, aderência da casca e tempo de cozimento, foram usados um total de 20 vasos, sendo 10 com manivas-semente inoculadas com *Trichoderma asperellum* e outros 10 sem o tratamento (controle). Cada vaso contendo uma planta e considerado uma unidade de observação (repetição). A amostragem para avaliação da ocorrência de podridões, bem como para as avaliações quanti-qualitativas foi realizada aos oito MAP.

#### 2.2.3. Clima

O clima da região é caracterizado como subtropical, sendo que entre os meses de abril a agosto, pode ser considerado temperado em função do período de frio com possibilidade de geadas nos meses de junho a final de agosto. Panambi apresenta variação sazonal significativa na precipitação mensal de chuva. Chove ao longo do ano todo no município. Os meses mais chuvosos, geralmente, são setembro e outubro. No entanto, muitas variações têm acontecido nos últimos anos, quando, normalmente, os produtores têm dificuldades para cultivo, com verões muito quentes e secos, entre dezembro e fevereiro.

Os vasos foram mantidos a céu aberto, na mesma área de cultivo das demais espécies de hortaliças. As plantas permaneceram, portanto, expostas às condições climáticas locais. Todos os vasos (plantas inoculadas com *Trichoderma asperellum* e plantas controle) receberam irrigação equivalente à média mensal de 250 mm de chuva de modo a favorecer a ocorrência de podridões radiculares. O suprimento de água às plantas foi monitorado através do registro das precipitações no local de cultivo e complementado através de um sistema de irrigação por gotejamento com uma vazão de 1,2 L h<sup>-1</sup> para suprir a meta de umidade pré-estabelecida. A decisão por irrigar as plantas com o equivalente a este índice pluviométrico surgiu a partir dos resultados de Saquet (2024) o qual constatou 45% de podridões radiculares em plantas da cultivar 'Pessegueira' que tiveram esta média pluviométrica mensal durante o ciclo produtivo de 2022 a 2023 na mesma área experimental agrícola do *Campus* Panambi. Em caso de excesso de chuva, todos os tratamentos estiveram expostos, no entanto, em situação de estiagem, o suprimento de água para atingir a média estabelecida, foi realizado com o sistema de gotejamento.

## 2.3. Avaliação do controle biológico

### 2.3.1. Obtenção da bioformulação de *Trichoderma asperellum*

Na condução dos experimentos foi utilizada uma suspensão de esporos na concentração de 1 x 10<sup>7</sup> conídios mL<sup>-1</sup> produzida a partir de isolado de *Trichoderma asperellum* armazenado na Micoteca do Laboratório de Fitopatologia Elocy Minussi da Universidade Federal de Santa Maria e cadastro SISGEN A6F94OE e cadastro Genbank MN329691.



A suspensão de esporos foi produzida a partir da incubação do *Trichoderma asperellum* em placas de Petri de 90 mm de diâmetro, contendo o meio de cultura BDA (batata-dextrose-água) por 7 dias a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas. Após o cultivo, em cada placa de Petri foram adicionados 10 mL de água destilada esterilizada, e foi feita uma raspagem leve na colônia com um bastão de vidro para auxiliar na remoção dos esporos. A suspensão resultante foi filtrada em dupla camada de gaze, e em seguida adicionadas duas gotas de Tween®. A suspensão resultante foi ajustada para a concentração de  $1 \times 10^7$  esporos mL<sup>-1</sup>, utilizando uma câmara de Neubauer.

### 2.3.2. Aplicação da suspensão de esporos de *Trichoderma asperellum*

Foi realizada uma aplicação inicial, previamente ao plantio, por imersão das manivas-semente durante um minuto na suspensão de esporos em laboratório. Posteriormente, durante o cultivo a campo, foram realizadas duas aplicações adicionais, sendo uma a cada 30 dias.

## 2.4. Monitoramento do processo de tuberização

A cada 30 dias, após o plantio das mudas, foi realizada a amostragem e avaliação das raízes para determinação do início da tuberização (acúmulo de amido) no sistema radicular. As plantas foram retiradas dos vasos e o sistema radicular lavado suavemente em água corrente com a finalidade de não danificar as raízes e favorecer a observação e realização do teste do iodo-amido. A detecção do processo de tuberização foi considerada levando em conta duas aferições: a) diâmetro mínimo de 5 mm das raízes e b) reação química da região do corte transversal das raízes com solução de iodo. Após o corte transversal e exposição à solução de iodo, as raízes foram expostas ao ar em temperatura ambiente por um minuto para reação e captação das imagens. O iodo, ao reagir com o amido presente nos tecidos, origina a coloração escura na superfície do corte transversal.

## 2.5. Avaliações quanti-qualitativas

### 2.5.1. Ocorrência de podridões nas raízes tuberosas

Foram avaliadas as podridões internas nas raízes, bem como a ocorrência de podridões generalizadas que normalmente ocorrem de forma a destruir as raízes durante o ciclo da cultura (podridões moles). Para isso, todas as raízes de todas as plantas foram coletadas e avaliadas com relação a este parâmetro.

### 2.5.2. Pesagem e cálculo da produção e produtividade

Embora o tempo de cultivo tenha sido programado para oito meses e as plantas cultivadas em vasos, todas as plantas foram colhidas e as raízes contabilizadas e pesadas em balança de precisão. A pesagem foi realizada no dia seguinte à colheita, após a lavagem e eliminação do excesso de água a fim de evitar possível perda de peso por desidratação.

### 2.5.3. Determinação do número e do maior diâmetro médio das raízes tuberosas

Ao final dos oito meses de cultivo, todas as plantas foram retiradas dos vasos e determinado o número e maior diâmetro médio de raízes tuberosas em cada unidade de observação. A medição do diâmetro das raízes foi realizada com auxílio de um paquímetro.

### 2.5.4. Aderência da casca e tempo de cozimento

O desprendimento da casca (ou grau de aderência da casca à polpa) da polpa e o tempo de cozimento foram determinados conforme Saquet (2024). O grau de aderência da casca foi, portanto, determinado, simulando o descascamento quando da limpeza e pré-preparo da raiz pelo consumidor, previamente ao cozimento e/ou armazenamento. O tempo de cozimento das raízes tuberosas foi determinado em amostras de 1 kg de raízes colhidas das unidades de observação e cortadas em porções com 10 cm de comprimento. O grau de aderência da casca foi avaliado em raízes de todas as plantas (10 repetições), sendo o tempo de cozimento verificado em três repetições em cada tratamento.

## 2.6. Análise estatística

O experimento teve dois tratamentos (com e sem inoculação com *Trichoderma asperellum* na mesma concentração de conídios na suspensão). As observações detalhadas sobre o processo de tuberização foram realizadas, mensalmente, nos cinco meses iniciais, em plantas inoculadas e sem inoculação (controle). Cada vaso foi considerado uma unidade de observação (repetição). Para a avaliação final, realizada aos oito MAP, o ensaio contou com 20 vasos, sendo 10 com as plantas inoculadas e 10 sem a inoculação (controle), sendo cada vaso considerado uma unidade de observação. Desta forma, o experimento não teve um delineamento experimental, sendo a comparação entre as médias calculadas através do Teste t de Student ao nível de 5% de significância.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1. Processo de tuberização

Para auxiliar na detecção do início do processo de tuberização foram utilizados o teste do iodo-amido e a medida do diâmetro médio das raízes em formação, mensalmente, durante cinco MAP. Esta avaliação é fundamental para auxiliar na compreensão da fisiologia do processo de formação das raízes tuberosas (tuberização) na cultura da mandioca. É do processo de diferenciação do sistema radicular para a formação das raízes tuberosas que dependerá a produtividade da cultura. Este processo é complexo e pode ser influenciado por vários fatores como o potencial genético da cultivar (Andrade et al., 2022), a qualidade e manejo das manivas-semente, a intermitência no suprimento de água, a ocorrência de baixas temperaturas (Lorenzi, 2012) e a inoculação das manivas-semente com bioinsumos (Kumar et al., 2017; Stefanello et al., 2017).





Na avaliação realizada aos dois MAP não foi detectada presença de raízes tuberosas e/ou quaisquer sinais do processo de tuberização, conforme metodologia adotada. Para estas avaliações, os vasos foram retirados da área experimental, onde encontravam-se enterrados e esvaziados, cuidadosamente, para observação do sistema radicular (Figura 1). Portanto, até o segundo MAP, pôde-se visualizar, em plantas de ambos os tratamentos, somente sistema radicular fibroso.



Alocação dos vasos



Avaliação aos dois MAP

**Figura 1** – Exposição e avaliação da planta e sistema radicular, da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ aos dois MAP (tratamento com *Trichoderma asperellum*).

A aplicação do teste do iodo-amido possibilitou detectar o processo de tuberização aos três MAP em raízes de plantas inoculadas e nas plantas controle (Figura 2). Nesta época de avaliação, foi possível observar raízes com 5 mm de diâmetro, em plantas de ambos os tratamentos, contendo amido em sua estrutura interna. Este evento foi constatado a partir da reação do iodo com o amido armazenado nos tecidos parenquimáticos, originando a coloração escura típica da reação. Na Figura 2 pode-se visualizar a reação do iodo com o amido nas raízes em formação, as quais foram cortadas transversalmente, colocadas em contato com a solução e expostas para reação.



**Figura 2** – Teste do iodo-amido usado em raízes de plantas da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ aos três MAP. Detalhe do corte transversal das raízes e reação do iodo com o amido.

Concomitantemente ao teste do iodo-amido, foi medido o maior diâmetro médio das raízes tuberosas considerando o diâmetro mínimo de 5 mm para auxiliar na detecção do processo de tuberização conforme metodologia adotada. Feniman (2004) estudando a fisiologia da tuberização em mandioca relata sobre a definição da estrutura anatômica das raízes tuberosas nos primeiros três MAP.

Nenhuma particularidade foi observada no sistema radicular das plantas durante a avaliação realizada aos quatro MAP. Nesta época de avaliação as raízes tuberosas encontravam-se em fase de crescimento, atingindo maior diâmetro médio de 2,3 cm. Conforme Figueiredo et al. (2015), a estrutura anatômica das raízes tuberosas aos seis MAP foi similar àquela já estabelecida aos três MAP, ou seja, a diferenciação do sistema radicular tuberoso ocorreu nos três meses iniciais e as raízes intensificaram em tamanho e espessura nos meses seguintes durante o cultivo.

Na avaliação conduzida aos cinco MAP foram encontradas raízes com maior diâmetro médio de 3,2 cm em ambos os tratamentos, não havendo diferença entre diâmetro e quantitativo de raízes de plantas tratadas e não tratadas (Figura 3).





**Figura 3** – Raízes das plantas inoculadas, da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’, avaliadas aos cinco MAP.

Estes dados contrariam, em parte, os resultados de alguns pesquisadores, embora a espécie de *Trichoderma* e/ou cultivar de mandioca, bem como a época de avaliação não sejam as mesmas usadas nos trabalhos discutidos. Segundo Steffen et al. (2022), o tratamento com *Trichoderma asperelloides* e *Trichoderma hamatum* aumentou o número e diâmetro de raízes produzidas pela cultivar ‘Gema de Ovo’ cultivada por sete meses em condições de campo. Possivelmente, *Trichoderma asperellum* não possui afinidade efetiva na cultivar ‘Polpa Amarela’ avaliada no presente trabalho. Poucas referências bibliográficas foram encontradas investigando, detalhadamente, o processo de tuberização em mandioca com biológicos. De maneira geral, o processo de tuberização inicia até o terceiro MAP, podendo variar com a cultivar e condições edafoclimáticas da região de cultivo (Lorenzi, 2012; Kerdee et al., 2021).

### 3.2. Podridões radiculares, produção por planta e qualidade culinária

O planejamento e condução deste experimento, com a cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’, se deu em função da sua importância regional de cultivo sendo muito bem aceita pelo consumidor, a qual possui boa qualidade nutricional e culinária. No entanto, conforme relatos de produtores locais, é uma cultivar menos tolerante à ocorrência de podridões radiculares, inclusive nos meses de verão gaúcho, quando da ocorrência de precipitações abundantes em solos argilosos presentes na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul onde é cultivada.

#### 3.2.1. Ocorrência de podridões radiculares

Para proporcionar condições favoráveis às podridões radiculares e verificar a eficácia da inoculação com *Trichoderma asperellum* foi usado um sistema de irrigação por gotejamento durante o período de cultivo. Os gotejadores permaneceram localizados na base de cada planta, ou seja, gotejando dentro do vaso de cultivo conforme descrito, detalhadamente, na metodologia. Quando houve precipitações volumosas, os gotejadores foram fechados e usados somente nos períodos de ausência ou baixas precipitações locais.

Até o quinto MAP, não ocorreram podridões radiculares. Na retirada das plantas dos vasos, aos oito MAP, o solo encontrava-se saturado, ou seja, atendeu um dos objetivos que foi de proporcionar condições favoráveis à ocorrência de podridões radiculares. Apesar disso, somente 10% de podridões foi contabilizado em plantas inoculadas e plantas controle (Tabela 1). O(s) agente(s) causadores não foram identificados, mas os sintomas possuíam aspecto mole e odor pútrido. Desta forma, após oito MAP, não foi possível constatar efeito da inoculação com *Trichoderma asperellum* no desenvolvimento das podridões.

**Tabela 1** – Parâmetros quanti-qualitativos avaliados na cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ aos oito MAP.

Tratamentos	Peso médio raízes (g)	Número médio raízes	% raízes podres	Maior diâmetro médio raiz (cm)	Aderência da casca	Tempo cozimento (min)
Com inoculação	533,4 a*	1,7 a	10,0 a	4,6 a	Leve	19,0 a
Sem inoculação	351,5 a	1,0 b	10,0 a	3,9 a	Leve	21,0 a



Vários trabalhos constataram redução na ocorrência de podridões radiculares em mandioca em consequência da inoculação das manivas-sementes com fungos do gênero *Trichoderma* spp. (Stefanello et al., 2018; Brito et al., 2018), não sendo encontrados, entretanto, trabalhos de pesquisa com a espécie *Trichoderma asperellum*.

### 3.2.2. Produção de raízes tuberosas

Aos oito MAP, foram quantificados, também, o peso, o número e o maior diâmetro das raízes tuberosas da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ (Tabela 1).

O rendimento em vasos permaneceu muito aquém do potencial da cultivar quando produzida a campo. Além disso, não foi observada diferença entre os tratamentos em relação ao peso de raízes, embora o número de raízes em plantas inoculadas tenha sido mais elevado (Tabela 1). Steffen et al. (2022) ao investigarem *Trichoderma asperelloides* e *Trichoderma hamatum* na cultivar ‘Gema de Ovo’, cultivada a campo por 7,2 meses, observaram, em plantas inoculadas, maior número médio de raízes, bem como raízes com maior diâmetro médio, resultando em aumento significativo na produtividade. O baixo rendimento da cultivar ‘Polpa Amarela’, por si só, pode ser explicado, em parte, pelo cultivo em vasos com volume de 20 L de solo. Este volume pode não ter sido suficiente para expansão do sistema radicular da planta em função do tempo prolongado de cultivo. Schons et al. (2007) realizaram experimento com a cultivar de mandioca ‘RS 13’ em vasos enterrados com volume de 12 L de substrato por até oito meses, sendo os rendimentos permanecendo relativamente baixos.

O crescimento da parte aérea, no presente trabalho, pode ser considerado satisfatório, apresentando boa estatura de planta atingindo em média 1,6 m de altura com caule e folhas bem desenvolvidos (Figura 4). Isso significa que, possivelmente, possa ter ocorrido algum tipo de limitação/interferência no processo de tuberização das raízes nos vasos, fato que merece atenção para futuros trabalhos de investigação.



**Figura 4** – Estatura de plantas inoculadas e plantas controle, da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ aos oito MAP.

Independente do tratamento aplicado, era de se esperar maior rendimento da cultivar ‘Polpa Amarela’, a qual foi cultivada por oito meses. Além disso, 20% de plantas não inoculadas apresentaram somente sistema radicular fibroso (Figura 5), mesmo após oito MAP. Estas plantas, quando comparadas às demais, apresentavam estatura mais baixa (altura média de 86,0 cm) e caules com menor diâmetro (dados não apresentados), ou seja, não se desenvolveram adequadamente. É possível que tenha ocorrido um fator de interferência física dos vasos no processo de tuberização, pois a grande parte dos trabalhos realizados em vasos cultivaram as plantas por, no máximo, quatro ou cinco meses. O fato mais intrigante foi a supressão/inibição total da diferenciação do sistema radicular para produção de raízes tuberosas, mesmo após oito MAP em 20% das plantas não inoculadas. O encharcamento contínuo pode ter afetado negativamente o processo de tuberização (Lorenzi, 2025 comunicação pessoal) da cultivar ‘Polpa Amarela’, conforme foi discutido no tópico específico relacionado ao processo de tuberização.



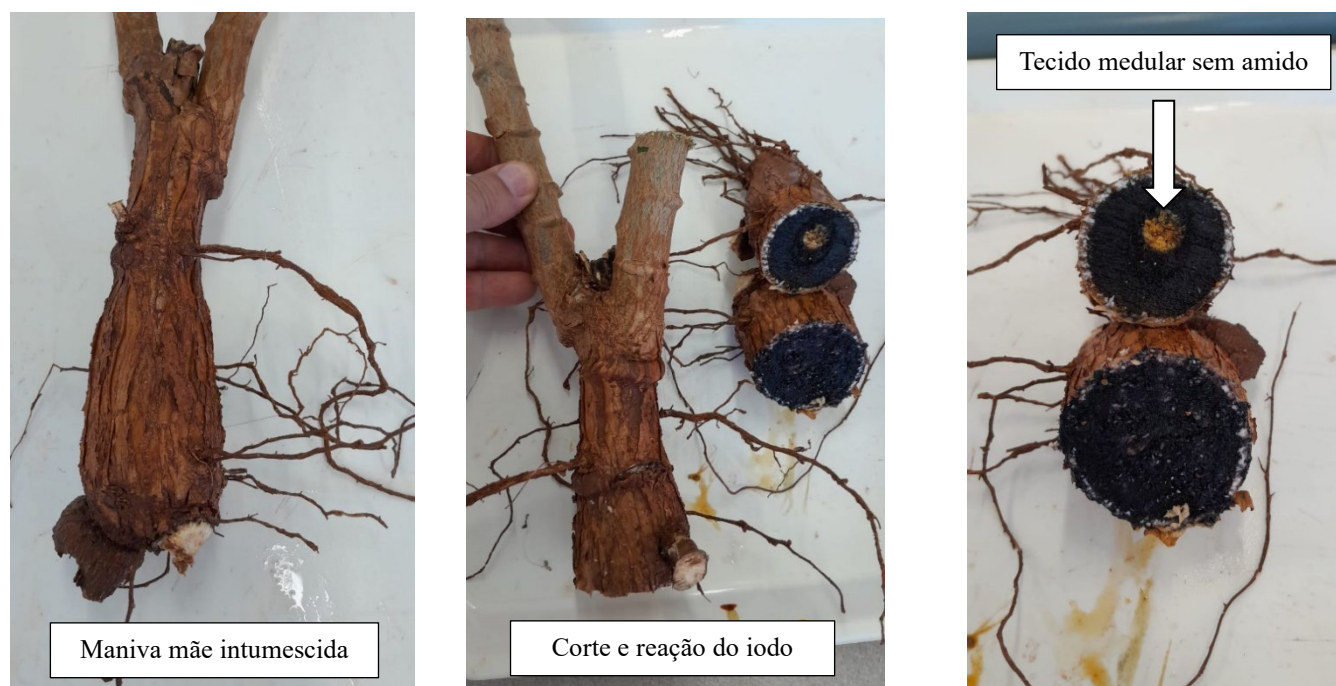


**Figura 5** – Plantas controle da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’ aos oito MAP em exposição do sistema radicular.

Sabe-se que mandiocas, em geral, intensificam o processo de tuberização e acúmulo de amido nas raízes tuberosas a partir do sexto mês de cultivo (Kerdee et al., 2021). Lorenzi (2012) ao investigar fatores abióticos relacionados ao processo de tuberização em plantas cultivadas em sacos plásticos por até cinco meses observou que o encharcamento do solo, dependendo do tempo de exposição, restringiu o processo de tuberização. No presente trabalho foi proporcionado às plantas um nível de irrigação/encharcamento do solo nos vasos para favorecer as podridões radiculares, mas que de certa forma, pode ter afetado negativamente o processo de tuberização da cultivar ‘Polpa Amarela’. Comportamento semelhante foi observado por Kerdee et al. (2021) ao investigarem as consequências da inundação intermitente em plantas de mandioca, as quais tiveram capacidade de retomarem o crescimento da parte aérea, mas não do sistema radicular tuberoso.

Por outro lado, as plantas que desenvolveram mais efetivamente a parte aérea, conseguiram desenvolver raízes tuberosas mesmo em pequena quantidade. No entanto, estas mesmas plantas apresentaram um espessamento da maniva mãe, possivelmente pela falta de raízes tuberosas para armazenar os carboidratos simples que estavam sendo translocados das folhas para posterior condensação em amido no sistema radicular. Nas imagens da Figura 6 é possível visualizar, claramente, o intumescimento da maniva-mãe em função do acúmulo de amido, fato este demonstrado a partir do teste do iodo-amido.





**Figura 6** – Espessamento de manivas-mãe em plantas da cultivar ‘Polpa Amarela’ aos oito MAP.

### 3.2.3. Qualidade culinária

A qualidade culinária das raízes tuberosas foi expressa a partir da avaliação do grau de aderência da casca, o qual faz parte do preparo do alimento previamente o consumo, e do tempo de cozimento na hora do preparo. O grau de aderência da casca e o tempo de cozimento são considerados de forma decisiva pelo consumidor (Oliveira et al., 2005; Saquet, 2024). A facilidade ao descasque e um tempo de cozimento de no máximo 30 min gera maior satisfação ao consumidor, consome menos energia e, também, gera melhor qualidade da massa cozida (Lorenzi, 1994; Reis et al., 2022).

A casca das raízes, de ambos os tratamentos, soltou-se muito facilmente logo após a colheita e lavagem (Tabela 1). Após o corte das raízes em pedaços de 10 cm de comprimento, as cascas desprenderam inteiras após uma breve incisão longitudinal com a navalha, sendo retiradas facilmente com a mão. A aderência da casca de cultivares de mandioca tende a aumentar com o tempo de cultivo (Pedri et al., 2018; Reis et al., 2022), entretanto, quando colhidas até oito MAP, em média, soltam a casca muito facilmente, podendo ser, inclusive, retiradas com a mão após uma breve incisão longitudinal na raiz (Saquet, 2024).

Não houve diferença no tempo de cozimento das raízes das plantas de ambos os tratamentos (Tabela 1). Enquanto as raízes oriundas de plantas inoculadas com *Trichoderma asperellum* cozinham em 19 min, as raízes produzidas pelas plantas não tratadas necessitaram 21 min para o amolecimento estabelecido na metodologia de aferição. O tempo de cozimento de até 30 min em recipiente sem pressão é considerado aceitável, não somente em função do tempo dispendido pelo consumidor e consumo de energia, mas também em relação à qualidade e aceitação para consumo da massa produzida (Oliveira et al., 2005; Reis et al., 2022). No entanto, o cozimento em 20 min ou menos, certamente, torna o procedimento menos oneroso em tempo e consumo de energia. Embora não tenha sido conduzida uma avaliação sensorial neste trabalho, muito provavelmente, o tempo de cozimento em 20 min originaria uma boa aceitação para o consumo.

### 4. Conclusões

O processo de tuberização pôde ser detectado aos três meses após o plantio, em raízes de plantas de ambos os tratamentos;

A inoculação das manivas-semente, da cultivar de mandioca ‘Polpa Amarela’, com *Trichoderma asperellum*, não influenciou a ocorrência de podridões radiculares e o rendimento;

O grau de aderência da casca e o tempo de cozimento das raízes tuberosas não foi afetado pelo tratamento biológico.

**Nota de Agradecimento** – Os autores agradecem à Profa. Dra. Marlove Fátima Brião Muniz, bem como ao Laboratório de Fitopatologia Eloicy Minussi, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela cedência do isolado de *Trichoderma asperellum*, utilizado neste trabalho de pesquisa.

### 5. Referências

Andrade, L. R. B. et al. Increasing cassava root yield: Additive-dominant genetic models for

selection of parents and clones. *Frontiers in Plant Science*, [S.l.], v. 13, 2022. Disponível

<https://doi.org/10.5380/sa.v21i2.100743>



- em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1071156>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- Azevedo, P.F. et al. *In vitro* inhibition of *Fusarium solani* by *Trichoderma harzianum* and biofertilizer. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e5210312994, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.12994>.
- Brito, D.A. et al. Inibição *in vitro* de patógenos causadores de podridão radicular da mandioca por isolados de *Trichoderma* spp. In: *12ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura*, p. 41, 2018.
- Buensanteai, N.; Athinuwat, D. The antagonistic activity of *Trichoderma virens* strain TvSUT10 against cassava stem rot in Thailand. *African Journal of Biotechnology*, [S.l.], v. 11, n. 84, p. 14996–15001, 18 out. 2012.
- EMBRAPA. **Cultura da mandioca**. Editora da Embrapa. 2014. 202p.
- FAO. Food and Agriculture Organization. [www.fao.org](http://www.fao.org). Consultado em agosto de 2024.
- Feniman, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- Figueiredo, P.G. et al. Development of tuberous cassava roots under different tillage systems: Descriptive anatomy. *Plant Productions Science*, v. 18, n. 3, p. 241-245, 2015.
- Guzmán-Guzmán, P. et al. *Trichoderma* species: our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases—a review. *Plants*, v. 12, n. 3, p. 432, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/3/432>. Acesso em 6 ago. 2024.
- Halsey, M.E. et al. Chavarriaga-Aguirre, P. Reproductive Biology of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and isolation of experimental field trials. *Crop Science*, v. 48, p. 49-58, 2008.
- Kerddee, S. et al. Waterlogging tolerance and recovery in canopy development stage of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, v. 43, n. 2, p. 233–244, 2021.
- Kumar, T. V. et al. Compatibility of *Trichoderma asperellum* with fungicides, insecticides, inorganic fertilizers and bio-pesticides. *Journal of Root Crops*, v. 43, n. 2, p. 68–75, 2017.
- Lorenzi, J.O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. *Bragantia*, v.53, n.2, p. 237-245, 1994.
- Lorenzi, O. **Mandioca**. Boletim Técnico 245. 2ª. ed. Campinas, CATI 2012, 129p.
- Lorenzi, O. *Comunicação pessoal*. 2025 (via WhatsApp).
- Oliveira, S.L. et al. **Irrigação**. In: Souza, L. et al. (Eds). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.292-300, 2006.
- Pedri, E.C.M. et al. Características morfológicas e culinárias de etnovarietades de mandioca de mesa em diferentes épocas de colheita. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, e2018073, 2018.
- Reis, R.C. et al. **Tempo de cozimento e características sensoriais de diferentes variedades de mandioca de mesa**. EMBRAPA - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 136, 2022, 22 p.
- Saquet, A.A. Qualidade e produtividade de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), variedade ‘Pessegueira’, em função de épocas de colheita. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 18, n. 2, p. 4319-4340, 2024.
- Schons, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.
- Stefanello, L. et al. Manejo da podridão radicular da mandioca pela combinação de manejo do solo, variedade resistente e controle biológico com *Trichoderma harzianum*. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 13, nº 1, p. 31-45, 2017.
- Steffen, G.P. et al. **Incremento na produtividade de mandioca pelo uso de fungos do gênero *Trichoderma***. Boletim Técnico 7: Pesquisa e desenvolvimento. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2022, 26p.



Tagliapietra, B.L. et al. Épocas de colheita e práticas de manejo influenciam nas características de qualidade de raízes de mandioca cozida? *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 15, n. 2, p. 3591-3607, 2021.

Valle, T. L. Mandioca: dos índios à agroindústria. *Revista ABAM - Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca*. Ano III, n. 11, p. 24-25, 2005.