

## Seed origin and substrate composition affect emergence and early growth of asparagus seedlings

### *Origem das sementes e composição do substrato afetam a emergência e o crescimento inicial de mudas de aspargo*

Yenara Alves Guedes<sup>1</sup>; José Maria Arcanjo Alves<sup>1</sup>; Sandra Lima Cruz<sup>1\*</sup>; Ricardo Manuel Bardales-Lozano<sup>2</sup>; João Luiz Lopes Monteiro Neto<sup>1</sup>; Luiz Fernandes Silva Dionísio<sup>3</sup>; Rafaela Cordeiro de Souza Moura<sup>1</sup>

**Abstract:** The emergence of asparagus seeds is slow and may compromise stand uniformity, being influenced by the physiological quality of the seeds and the composition of the substrate. This study aimed at evaluating the vigor and physiological performance of commercial and locally produced seed lots of *Asparagus officinalis*, grown in different substrates under greenhouse conditions at the Agricultural Sciences Center, Boa Vista, Roraima, Brazil. In Experiment I, emergence, mean emergence time (MET), and emergence speed index (ESI) of commercial and local seeds were evaluated in a completely randomized design with ten replications. In Experiment II, seedlings obtained from commercial seeds were transplanted into five substrate formulations containing different proportions of Oxisol (Brazilian classification: Yellow Latosol), earthworm humus, and carbonized rice husk. Commercial seeds showed higher final emergence (89.3%) and higher ESI compared to local seeds (68.8%), indicating greater physiological vigor, while MET did not differ between seed sources. The different substrate formulations did not influence root length, number of branches, number of fleshy roots, or number of stems. The initial growth of asparagus seedlings was affected by substrates with balanced proportions between mineral and organic fractions. It is concluded that seed origin directly influences emergence, and that the substrates S<sub>40</sub>H<sub>40</sub>CC<sub>20</sub>, S<sub>30</sub>H<sub>30</sub>CC<sub>40</sub> and S<sub>20</sub>H<sub>20</sub>CC<sub>60</sub> favor the initial growth of seedlings.

**Key words:** Seedling emergence. *Asparagus officinalis* seedlings. Asparagus seeds. Organic substrates.

**Resumo:** A emergência de sementes de aspargo é lenta e pode comprometer a uniformidade do estande, sendo influenciada pela qualidade fisiológica das sementes e pela composição do substrato. Este estudo teve como objetivo avaliar o vigor e o desempenho fisiológico de lotes de sementes de *Asparagus officinalis*, comerciais e produzidas localmente, cultivadas em diferentes substratos sob condições de casa de vegetação, no Centro de Ciências Agrárias, Boa Vista, Roraima, Brasil. No Experimento I, avaliou-se a emergência, o tempo médio de emergência (TME) e o índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes comerciais e locais, em delineamento inteiramente casualizado com dez repetições. No Experimento II, mudas oriundas de sementes comerciais foram transplantadas para cinco formulações de substratos contendo diferentes proporções de Latossolo Amarelo, húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada. As sementes comerciais apresentaram maior emergência final (89,3%) e maior IVE em comparação às sementes locais (68,8%), indicando maior vigor fisiológico, enquanto o TME não diferiu entre as procedências. As diferentes formulações de substrato não influenciaram o comprimento radicular, número de ramos, número de raízes carnosas e número de hastes. O crescimento inicial de mudas de aspargo foi afetado pelos substratos com proporções equilibradas entre frações mineral e orgânica. Conclui-se que a procedência das sementes influencia diretamente a emergência, e que os substratos S<sub>40</sub>H<sub>40</sub>CC<sub>20</sub>, S<sub>30</sub>H<sub>30</sub>CC<sub>40</sub> e S<sub>20</sub>H<sub>20</sub>CC<sub>60</sub> favorecem o crescimento inicial das mudas.

**Palavras-chave:** Emergência de plântulas. Mudas de *Asparagus officinalis*. Sementes de aspargo. Substratos orgânicos.

\*Corresponding author

<sup>1</sup>Universidade Federal de Roraima - UFRR. Endereço: BR - 174, Km 12, Monte Cristo, 69301-970, Boa Vista-RR, Brasil. E-mails: [yenara\\_rr@hotmail.com](mailto:yenara_rr@hotmail.com); [arcanjo.alves@ufrr.br](mailto:arcanjo.alves@ufrr.br); [sandravrr@gmail.com](mailto:sandravrr@gmail.com); [joao.luiz@ufrr.br](mailto:joao.luiz@ufrr.br); [rafacordeirosmoura@gmail.com](mailto:rafacordeirosmoura@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Email: [rbardaleslozano@gmail.com](mailto:rbardaleslozano@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pará - UFPA. Email: [fernandesluiz03@gmail.com](mailto:fernandesluiz03@gmail.com)

## INTRODUCTION

Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) is a high-value perennial vegetable crop whose productivity and longevity are directly related to the quality of initial plant establishment. Crop establishment is traditionally carried out using seeds, although the use of seedlings or crowns is adopted in more advanced systems to allow earlier harvest (NGUYEN *et al.*, 2019; ENCINA *et al.*, 2022; DROST, 2023).

When the crop is established from seeds, the initial performance of seedlings plays a decisive role in stand formation, root development, and the future productive capacity of the crop, which may remain in production for more than a decade (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). In asparagus, plants grown from seeds typically begin commercial harvesting only after two years of field cultivation, thereby increasing the impact of any failures during the initial stage (NGUYEN *et al.*, 2019; ENCINA *et al.*, 2022; DROST, 2023).

Compared to the use of crowns, which allows earlier harvesting, the seed-based method is associated with a longer establishment period, potentially favoring root system development and influencing crop longevity. In asparagus, growth and the accumulation of reserves in the roots are directly related to productive performance throughout the crop cycle (MOTOKI *et al.*, 2022).

The emergence of asparagus seedlings is relatively slow and sensitive to environmental conditions, varying according to temperature, moisture, substrate physical characteristics, and seed physiological quality. Seedling production in protected environments has been widely adopted in modern horticulture, especially in intensive systems, where substrate composition directly influences aeration, water retention, and nutrient availability (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

In asparagus, studies indicate that substrate composition, particularly the balance between mineral and organic fractions, plays a significant role in the initial development of both the shoot and root systems (TAVARES *et al.*, 2023). Additionally, seed physiological quality is directly related to production conditions and the status of mother plants, influencing germination performance and initial seedling establishment (MARCOS-FILHO, 2015).

## INTRODUÇÃO

O aspargo (*Asparagus officinalis* L.) é uma olerícola perene de elevado valor agregado, cuja produtividade e longevidade estão diretamente relacionadas à qualidade do estabelecimento inicial das plantas. A implantação da cultura é tradicionalmente realizada por sementes, embora o uso de mudas ou coroas seja adotado em sistemas mais tecnificados com o objetivo de antecipar a colheita (NGUYEN *et al.*, 2019; ENCINA *et al.*, 2022; DROST, 2023).

Quando o cultivo é estabelecido via seminífera, o desempenho inicial das plântulas exerce influência determinante sobre a formação do estande, o desenvolvimento radicular e a capacidade produtiva futura da cultura, que pode permanecer em exploração por mais de uma década (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). No aspargo, plantas oriundas de sementes geralmente iniciam a colheita comercial apenas após dois anos de cultivo em campo, o que amplia o impacto de eventuais falhas na fase inicial (NGUYEN *et al.*, 2019; ENCINA *et al.*, 2022; DROST, 2023).

Em comparação ao uso de coroas, que permite a antecipação da colheita, o método seminífero está associado a um período de estabelecimento mais prolongado, podendo favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e influenciar a longevidade da cultura. Em aspargo, o crescimento e o acúmulo de reservas nas raízes estão diretamente relacionados ao desempenho produtivo ao longo do ciclo (MOTOKI *et al.*, 2022).

A emergência de plântulas de aspargo é relativamente lenta e sensível às condições ambientais, podendo variar em função da temperatura, da umidade, das características físicas do substrato e da qualidade fisiológica das sementes. A produção de mudas em ambiente protegido tem sido amplamente empregada na olericultura moderna, especialmente em sistemas intensivos, nos quais a composição do substrato influencia diretamente a aeração, a retenção hídrica e a disponibilidade de nutrientes (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

Em aspargo, estudos indicam que a composição do substrato, particularmente o equilíbrio entre as frações mineral e orgânica, desempenha um papel relevante no desenvolvimento inicial da parte aérea e do sistema radicular (TAVARES *et al.*, 2023). Além disso, a qualidade fisiológica das sementes está diretamente relacionada às condições de produção e ao estado das plantas matrizes, influenciando o desempenho germinativo e o estabelecimento inicial das plântulas (MARCOS-FILHO, 2015).

Commercial seeds, which are typically graded and standardized, tend to exhibit greater uniformity in emergence, whereas locally produced seeds may be influenced by mother plant management, post-harvest conditions, and storage, resulting in greater physiological variability among seed lots. This variability is directly associated with production conditions and environmental factors, which influence plant physiological performance and resource-use efficiency (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

This gap becomes even more relevant in the Amazonian savanna, where the cultivation of perennial crops such as asparagus faces logistical challenges related to access to agricultural inputs, including standardized commercial seeds. Local seed production may represent a strategic alternative to reduce costs and enhance regional production autonomy; however, its physiological performance under the region's edaphoclimatic conditions remains poorly documented. In the context of the Amazonian savanna, information on the initial performance of asparagus seedlings, particularly regarding emergence and the use of regional substrates, is still scarce (TAVARES *et al.*, 2023).

Furthermore, the formulation of substrates using regionally available materials, such as carbonized rice husk, a byproduct widely accessible in producing areas, may represent a sustainable and economically viable alternative for seedling production. The use of balanced proportions between mineral and organic fractions tends to favor shoot development and the formation of fleshy roots, which are essential structures for reserve accumulation in perennial crops such as asparagus.

The establishment phase of perennial crops can be understood as a sequential process in which seed physiological quality determines the initial success of emergence, while substrate conditions exert greater influence during the subsequent growth phase. In this context, the two experiments were designed in a complementary manner to understand distinct yet interdependent stages of initial asparagus establishment under tropical conditions.

This study represents one of the first experimental approaches to the initial establishment of *Asparagus officinalis* under Amazonian savanna conditions, contributing to the development of production systems adapted to tropical environments with input limitations.

Sementes comerciais, geralmente classificadas e padronizadas, tendem a apresentar maior uniformidade de emergência, enquanto sementes produzidas localmente podem sofrer influência do manejo da planta-mãe, das condições pós-colheita e do armazenamento, refletindo maior variabilidade fisiológica entre lotes. Essa variabilidade está diretamente associada às condições de produção e ao ambiente, fatores que influenciam o desempenho fisiológico das plantas e a eficiência no uso de recursos (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

Essa lacuna torna-se ainda mais relevante na savana amazônica, onde o cultivo de espécies perenes, como o aspargo, enfrenta desafios logísticos relacionados ao acesso a insumos agrícolas, especialmente sementes comerciais padronizadas. A produção local de sementes pode representar uma alternativa estratégica para reduzir custos e ampliar a autonomia produtiva regional; contudo, seu desempenho fisiológico sob condições edafoclimáticas da região permanece pouco documentado. No contexto da savana amazônica, ainda são escassas as informações sobre o desempenho inicial de plântulas de aspargo, particularmente em relação à emergência e ao uso de substratos regionais (TAVARES *et al.*, 2023).

Adicionalmente, a formulação de substratos com materiais disponíveis na região, como a casca de arroz carbonizada - subproduto amplamente acessível em áreas produtoras, pode representar uma alternativa sustentável e economicamente viável para a produção de mudas. A utilização de proporções equilibradas entre as frações mineral e orgânica tende a favorecer o desenvolvimento da parte aérea e a formação de raízes carnosas, estruturas fundamentais para o acúmulo de reservas em culturas perenes, como o aspargo.

A fase de estabelecimento de culturas perenes pode ser compreendida como um processo sequencial, no qual a qualidade fisiológica das sementes determina o sucesso inicial da emergência, enquanto as condições do substrato passam a exercer maior influência na fase subsequente de crescimento. Nesse contexto, os dois experimentos foram concebidos de forma complementar, visando compreender etapas distintas, porém interdependentes, do estabelecimento inicial do aspargo em condições tropicais.

Este estudo representa uma das primeiras abordagens experimentais sobre o estabelecimento inicial de *Asparagus officinalis* em condições da savana amazônica, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de produção adaptados a ambientes tropicais com limitações de insumos.

It is hypothesized that seed origin influences seedling emergence and initial vigor, and that substrates with balanced proportions of mineral and organic fractions favor early growth under tropical conditions. Therefore, the objective of this study was to evaluate the vigor and physiological performance of commercial and locally produced seed lots of *Asparagus officinalis*, grown in different substrates under greenhouse conditions.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in a greenhouse at the Agricultural Sciences Center, Cauamé Campus, of the Federal University of Roraima (CCA/UFRR), in Boa Vista, Roraima State, Brazil, from October to December 2022. The regional climate is classified as Am (tropical monsoon climate with a short dry season) according to Köppen (ARAÚJO *et al.*, 2024a).

Greenhouse conditions were maintained at an average temperature of  $24 \pm 5$  °C and relative humidity of 86.0%. Irrigation was carried out using automated misting three times daily (5 minutes per cycle), keeping the substrate near field capacity. No supplemental fertilization was applied during the experimental period.

### Experiment I – Seed Emergence

Two seed sources of *Asparagus officinalis* L., both from the cultivar Nilo, were evaluated: commercial seeds (CS), Feltrin® brand, with 85.0% germination and 100.0% purity, and locally produced seeds (LS).

The local seeds were obtained from mother plants with three years of cultivation, still in the early production stage, selected for high vegetative vigor from a rural property in the municipality of Boa Vista, Roraima. Manual harvesting was carried out between December 2021 and February 2022, when the fruits showed visual signs of physiological maturity. After harvesting, the seeds were cleaned, packed in plastic (PET) containers, and stored in a cold chamber ( $5 \pm 2$  °C and 40.0% relative humidity) for two months until sowing.

Hipotetiza-se que a procedência das sementes influencia a emergência e o vigor inicial das plântulas, e que substratos com proporções equilibradas entre as frações mineral e orgânica favorecem o crescimento inicial em condições tropicais. Assim, objetivou-se avaliar o vigor e o desempenho fisiológico de lotes de sementes de *Asparagus officinalis*, comerciais e produzidas localmente, cultivadas em diferentes substratos sob condições de casa de vegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Cauamé, da Universidade Federal de Roraima (CCA/UFRR), Boa Vista, RR - Roraima, no período de outubro a dezembro de 2022. O clima da região é classificado como Am (Tropical chuvoso com curta duração seca) segundo Köppen (ARAÚJO *et al.*, 2024a).

As condições internas da casa de vegetação foram mantidas com temperatura média de  $24 \pm 5$  °C e umidade relativa de 86,0%. A irrigação foi realizada por nebulização automatizada, três vezes ao dia (5 min por turno), mantendo o substrato próximo à capacidade de campo. Não foi realizada adubação complementar durante o período experimental.

### Experimento I - Emergência de sementes

Foram avaliadas duas origens de sementes de *Asparagus officinalis* L., ambas da cultivar Nilo: sementes comerciais (SC), marca Feltrin®, com 85,0% de germinação e 100,0% de pureza, e sementes produzidas localmente (SL).

As sementes locais foram obtidas de plantas-matrizes com três anos de cultivo, ainda em fase inicial de produção, selecionadas pelo elevado vigor vegetativo em propriedade rural no município de Boa Vista, RR. A coleta manual ocorreu entre dezembro de 2021 e fevereiro de 2022, quando os frutos apresentavam sinais visuais de maturidade fisiológica. Após a colheita, as sementes foram limpas, acondicionadas em embalagens plásticas (PET) e armazenadas em câmara fria ( $5 \pm 2$  °C e 40,0% de umidade relativa) por dois meses, até a semeadura.

The experimental design was completely randomized, with two treatments (commercial seed – CS and local seed – LS) and ten replications. Each replication consisted of a plastic tray (8 × 28 × 55 cm) containing 50 cells, with three seeds per cell (150 seeds per experimental unit).

Sowing three seeds per cell, without thinning, was adopted to simulate practical nursery conditions, where multiple emergence per cell is common. In this context, the experimental unit was considered the tray rather than individual seedlings, reducing the risk of pseudo-replication.

Sowing was performed at a depth of 1 cm in a substrate composed of carbonized rice husk and earthworm humus (1:1, v/v) (Figure 1A, 1B). No thinning was performed. A seedling was considered emerged when there was visible protrusion of the epicotyl above the substrate surface (Figure 1C).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos (Semente comercial - SC e Semente Local - SL) e dez repetições. Cada repetição foi constituída por uma bandeja plástica (8 × 28 × 55 cm) contendo 50 células, com três sementes por célula (150 sementes por unidade experimental).

A sementeira de três sementes por célula, sem desbaste, foi adotada para simular condições práticas de viveiro, nas quais a emergência múltipla por célula é comum. Nesse contexto, a unidade experimental foi considerada como a bandeja, e não as plântulas individuais, reduzindo o risco de pseudo-repetição.

A sementeira foi realizada a 1 cm de profundidade em substrato composto por casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca (1:1, v/v) (Figura 1A, 1B). Não foi realizado desbaste. Considerou-se como plântula emergida aquela com protrusão visível do epicótilo acima da superfície do substrato (Figura 1C).



Figure 1 - (A) Asparagus seeds, (B) substrate, and (C) emergence of asparagus seedlings (*Asparagus officinalis*).  
Figura 1 - (A) Sementes de aspargo, (B) substrato e (C) emergência de plântulas de aspargo (*Asparagus officinalis*).

## Evaluated Variables

Seed emergence was monitored daily until the process stabilized (25 days after sowing, DAS). The variables evaluated were:

**Final emergence percentage (%):** calculated as the ratio between the total number of emerged seedlings and the total number of seeds sown per experimental unit, multiplied by 100.

## Variáveis avaliadas

A emergência das sementes foi monitorada diariamente até a estabilização do processo (25 dias após a sementeira - DAS). As variáveis avaliadas foram:

**Percentual final de emergência (%):** calculado pela razão entre o número total de plântulas emergidas e o número total de sementes semeadas por unidade experimental, multiplicado por 100.

**Mean emergence time (MET):** estimated based on the daily count of emerged seedlings, representing the weighted average time required for emergence, according to the methodology described by Labouriau (1983).

**Emergence speed index (ESI):** determined from the daily count of emerged seedlings, as proposed by Maguire (1962), expressing the relative speed of the germination process.

## Statistical Model

The data were analyzed according to the model:

$$Y_{ij} = \mu + O_i + \varepsilon_{ij}$$

where  $Y_{ij}$  represents the observed value in the  $j$ -th replication of the  $i$ -th seed origin;  $\mu$  is the overall mean;  $O_i$  is the fixed effect of seed origin; and  $\varepsilon_{ij}$  is the random experimental error, assumed to follow a normal distribution with constant variance. Means were compared using Student's  $t$ -test ( $p \leq 0.05$ ), after verifying normality (Shapiro–Wilk test) and homogeneity of variances (Bartlett test). Germination indices were calculated using the GerminaR package (LOZANO-ISLA *et al.*, 2019). Graphs were generated using the “ggplot2” package (WICKHAM, 2016).

## Experiment II – Initial Growth of Seedlings in Different Substrates

Seedlings derived from commercial seeds (CS) were transplanted 30 days after emergence into polypropylene tubes with a volume of 200 cm<sup>3</sup> (Figure 2). The use of seedlings from commercial seeds was chosen to reduce variability associated with physiological seed quality and to allow better isolation of substrate effects on initial growth.

The experimental design was completely randomized, with five treatments (substrates) and four replications of 15 plants each, totaling 60 plants per treatment. The substrates consisted of different volumetric proportions (v/v/v) of Oxisol (Brazilian classification: Yellow Latosol) (0-0.20 m), earthworm humus, and carbonized rice husk.

**Tempo médio de emergência (TME):** estimado com base na contagem diária de plântulas emergidas, representando a média ponderada do tempo necessário para a emergência, conforme metodologia descrita por Labouriau (1983).

**Índice de velocidade de emergência (IVE):** determinado a partir da contagem diária de plântulas emergidas, conforme proposto por Maguire (1962), expressando a velocidade relativa do processo germinativo.

## Modelo estatístico

Os dados foram analisados segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + O_i + \varepsilon_{ij}$$

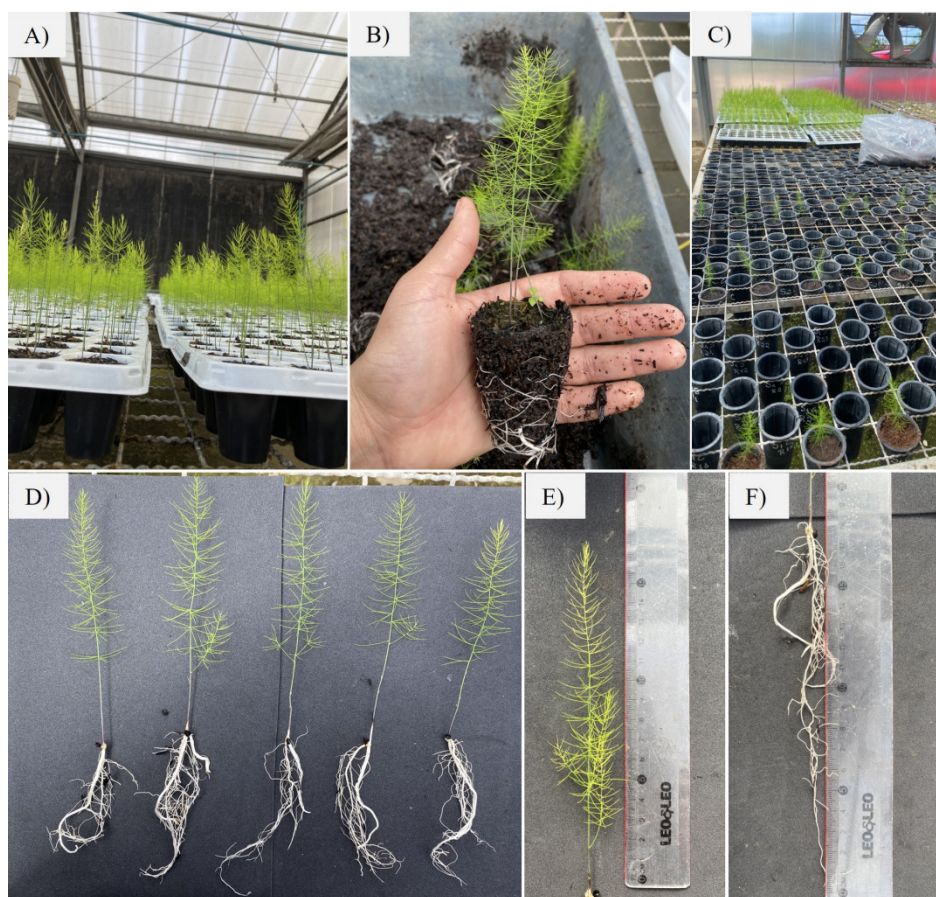
em que  $Y_{ij}$  representa o valor observado na  $j$ -ésima repetição da  $i$ -ésima origem de semente;  $\mu$  é a média geral;  $O_i$  é o efeito fixo da origem da semente; e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental aleatório, assumido com distribuição normal e variância constante.

As médias foram comparadas pelo teste  $t$  de Student ( $p \leq 0,05$ ), após verificação da normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Bartlett). Os índices de germinação foram calculados com o pacote GerminaR (LOZANO-ISLA *et al.*, 2019). Os gráficos foram gerados com o pacote “ggplot2” (WICKHAM, 2016).

## Experimento II - Crescimento inicial de mudas em diferentes substratos

Mudas provenientes das sementes comerciais (SC) foram transplantadas, aos 30 dias após a emergência, para tubetes de polipropileno com volume de 200 cm<sup>3</sup> (Figura 2). Optou-se pelo uso das mudas de sementes comerciais visando reduzir a variabilidade associada à qualidade fisiológica e permitir maior isolamento dos efeitos dos substratos sobre o crescimento inicial.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (substratos) e quatro repetições de 15 plantas, totalizando 60 plantas por tratamento. Os substratos foram constituídos por diferentes proporções volumétricas (v/v/v) de Latossolo Amarelo (0-0,20 m), húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada.



**Figure 2** - (Seedlings of *Asparagus officinalis* in trays for transplanting (A), seedling ready for transfer to tubes (B), tubes containing seedlings (C), plant samples for evaluation (D), measurement of shoot growth (E), and measurement of root length of asparagus seedlings.

**Tabela 2** - *Mudas de Asparagus officinalis em bandejas para transplante (A), muda pronta para tubete (B), tubetes com mudas (C) amostras de plantas para avaliação (D), medida da parte aérea (E) e medida do comprimento da raiz de mudas de aspargo.*

The Oxisol (Brazilian classification: Yellow Latosol), after collection, was air-dried and sieved (4 mm), and the fraction passing through a 2 mm sieve was subjected to chemical analysis (Table 1). Liming was carried out to raise base saturation to 60.0%, followed by a 30-day incubation period prior to substrate formulation.

Earthworm humus was obtained from a family-owned enterprise and produced from animal manure (goat and cattle), as well as fruit and vegetable residues from the farm garden. Rice husk was sourced from a local agro-industry and subjected to carbonization through partial combustion under limited oxygen supply.

O Latossolo Amarelo, após coleta, foi seco ao ar, peneirado (4 mm) e a fração peneirada em 2 mm foi submetida à análise química (Tabela 1). A calagem foi realizada para elevar a saturação por bases a 60,0%, seguida de incubação por 30 dias antes da formulação dos substratos.

O húmus de minhoca foi proveniente de empresa familiar, produzido a partir de esterco animal (caprino e bovino), resto de frutas e de verduras da horta da propriedade. A casca de arroz foi obtida de agroindústria local e submetida à carbonização por combustão parcial sob suprimento limitado de oxigênio.

**Table 1 -** (A) Asparagus seeds, (B) substrate, and (C) emergence of asparagus seedlings (*Asparagus officinalis*)

**Tabela 1 -** Características químicas do solo, coletado da camada 0-0,20 m, para compor os substratos

pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al <sup>3+</sup>	P	SB	T	t	V	m	MOS
H <sub>2</sub> O	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%		
4.83	0.24	0.08	12	0.68	2.30	0.9	0.35	2.65	1.03	13.0	66.0	0.53

P - Extrator Mehlich-1; Ca, Mg and Al - extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Calcium Acetate 0.5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; SB - Sum of Bases; T - CTC Total; t - Effective CTC efetiva; V - Base Saturation; m - Aluminum Saturation; SOM Soil Organic Matter - C. Org x 1.724 - Walkley-Black.

P - Extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al - extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0; SB - Soma de Bases; T - CTC Total; t - CTC efetiva; V - Saturação de Bases; m - Saturação por Alumínio; MOS Matéria Orgânica do Solo - C. Org x 1,724 - Walkley-Black.

The substrates, composed of different proportions of soil (S), earthworm humus (H), and carbonized rice husk (CC) (v/v/v), measured on a volume basis, are described in Table 2.

Os substratos com proporções distintas de solo (S), húmus de minhoca (H) e casca de arroz carbonizada (CC) (v/v/v), medidos em volume, encontram-se descritos na Tabela 2.

The experimental units were maintained close to field capacity, based on visual observation and standardized irrigation timing throughout the experiment.

As unidades experimentais foram mantidas próximo à capacidade de campo, com base em observação visual e padronização do tempo de irrigação ao longo do experimento.

**Table 2 -** Substrates with different volumetric proportions of soil, earthworm humus, and carbonized rice husk (CC)

**Tabela 2 -** Substratos com diferentes proporções volumétricas de solo, húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada (CC)

Substrates	Soil (%)	Húmus (%)	CC <sup>1</sup> (%)
S1 - S <sub>50</sub> H <sub>50</sub> CC <sub>0</sub>	50	50	0
S2 - S <sub>40</sub> H <sub>40</sub> CC <sub>20</sub>	40	40	20
S3 - S <sub>30</sub> H <sub>30</sub> CC <sub>40</sub>	30	30	40
S4 - S <sub>20</sub> H <sub>20</sub> CC <sub>60</sub>	20	20	60
S5 - S <sub>10</sub> H <sub>10</sub> CC <sub>80</sub>	10	10	80

<sup>1/</sup> Carbonized rice husk.

<sup>1/</sup> Casca de arroz carbonizada.

### Evaluated Variables

At 30 days after transplanting (DAT), the following variables were evaluated: Plant height (PH); Root length (RL); Shoot/root ratio (SH/RT); Number of branches (NB); Number of fleshy roots (NFR); and Number of stems (NS). Plant height and root length were measured using a graduated ruler. The experimental period was defined to encompass the initial phases of emergence and establishment, which are considered critical for perennial crops.

### Variáveis avaliadas

Aos 30 dias após o transplantio (DAT), foram avaliadas: Altura da planta (AP); Comprimento da raiz (CR); Relação parte aérea/raiz (AP/RA); Número de ramos (NR); Número de raízes carnosas (NRC); Número de hastes (NH). A altura e o comprimento radicular foram mensurados com régua graduada. O período experimental foi definido de forma a contemplar as fases iniciais de emergência e estabelecimento, consideradas críticas para culturas perenes.

### Statistical Model

The data were analyzed according to the model:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \varepsilon_{ij}$$

where  $Y_{ij}$  represents the observed value in the  $j$ -th replication of the  $i$ -th substrate;  $\mu$  is the overall mean;  $S_i$  represents the fixed effect of the substrate; and  $\varepsilon_{ij}$  is the random experimental error, assumed to be normally distributed with homogeneity of variances, which were previously verified.

When significant by the F-test ( $p \leq 0.05$ ), means were compared using Tukey's test. All analyses were performed in R software (version 4.2.1), using the GerminaR and ggplot2 packages.

### Modelo estatístico

Os dados foram analisados segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \varepsilon_{ij}$$

em que  $Y_{ij}$  representa o valor observado na  $j$ -ésima repetição do  $i$ -ésimo substrato;  $\mu$  é a média geral;  $S_i$  representa o efeito fixo do substrato; e  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental aleatório, assumido com distribuição normal e homogeneidade de variâncias, previamente verificadas.

Quando significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas no software R (versão 4.2.1), utilizando os pacotes GerminaR e Ggplot2.

## RESULTS

### Emergence test of commercial and local seeds

The emergence of *Asparagus officinalis* seedlings began five days after sowing (DAS), reached its peak at 17 DAS, and stabilized at 19 DAS for both seed sources (Figure 3). The temporal dynamics of the process were similar between commercial seeds (CS) and local seeds (LS).

## RESULTADOS

### Teste de emergência de sementes comerciais e locais

A emergência das plântulas de *Asparagus officinalis* iniciou aos cinco DAS, atingiu o pico aos 17 DAS e estabilizou-se aos 19 DAS para ambas as procedências das sementes (Figura 3). A dinâmica temporal do processo foi semelhante entre sementes comerciais (SC) e sementes locais (SL).

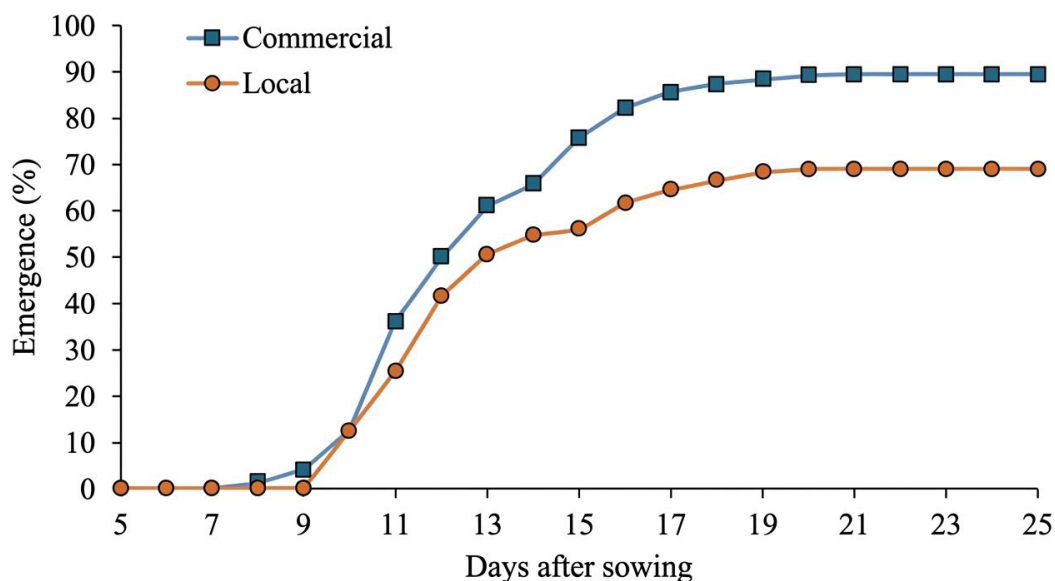


Figure 3 - Emergence of *Asparagus officinalis* seedlings as a function of time for different seed sources.

Figura 3 - Emergência de plântulas de *Asparagus officinalis* em função do tempo para diferentes origens de sementes.

A significant difference was observed in the final emergence percentage (Figure 4). Commercial seeds showed 89.3%, a value higher than that of local seeds (68.8%) ( $p = 0.015$ ). The performance of the commercial seeds was consistent with the percentage reported by the manufacturer (85.0%), indicating the physiological uniformity of the seed lot.

For the emergence speed index (ESI), a significant difference was observed among the seed sources ( $p \leq 0.05$ ), with higher values recorded for commercial seeds (Figure 5). On the other hand, the mean emergence time (MET) did not differ among treatments, with an average of 13 days.

Observou-se diferença significativa no percentual final de emergência (Figura 4). As sementes comerciais apresentaram 89,3%, valor superior ao das sementes locais (68,8%) ( $p = 0,015$ ). O desempenho das sementes comerciais foi compatível com o percentual informado pelo fabricante (85,0%), indicando consistência fisiológica do lote.

Para o índice de velocidade de emergência (IVE), verificou-se diferença significativa entre as procedências ( $p \leq 0,05$ ), com maiores valores para sementes comerciais (Figura 5). Por outro lado, o tempo médio de emergência (TME) não diferiu entre os tratamentos, apresentando média de 13 dias.

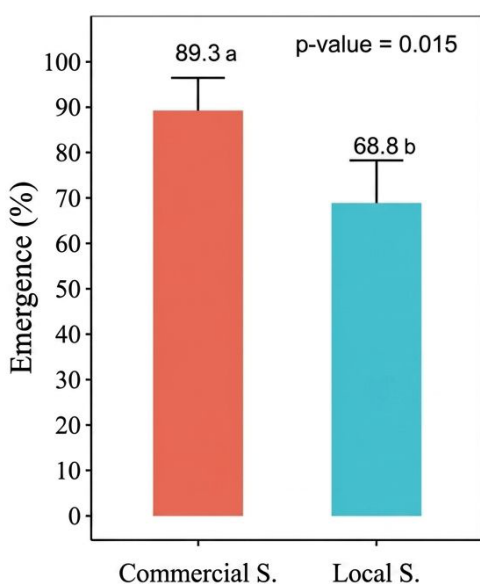


Figure 4 - Seedling emergence of *Asparagus officinalis* from different seed sources.

Note: t = Student's t-test ( $p \leq 0.05$ ).

Figura 4 - Emergência de plântulas de *Asparagus officinalis* para diferentes origens de sementes.

Nota: t = teste t de Student ( $p \leq 0,05$ ).

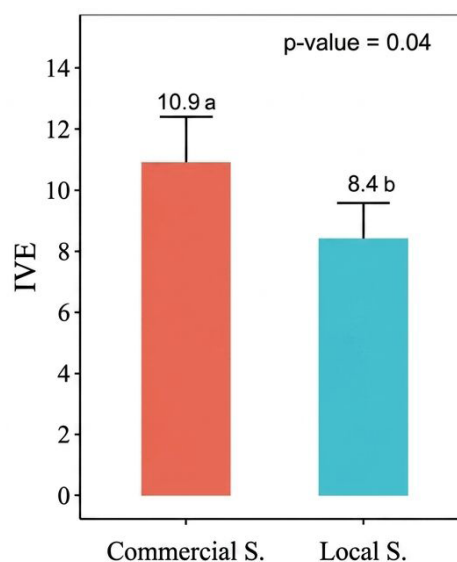


Figure 5 - Emergence Speed Index (ESI) of *Asparagus officinalis* for different seed sources at 25 days after sowing.

Figura 5 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de *Asparagus officinalis* para diferentes origens de sementes aos 25 dias após a semeadura.

### Initial growth in different substrates

There was a significant effect of substrates on plant height (PH) ( $p = 0.001$ ) and on the shoot-to-root length ratio (PH/RL) ( $p \leq 0.05$ ) (Figure 6). The substrates S2 (40.0% soil, 40.0% humus, 20.0% rice husk charcoal), S3 (30.0% soil, 30.0% humus, 40.0% rice husk charcoal), and S4 (20.0% soil, 20.0% humus, 60.0% rice husk charcoal) showed the highest mean heights ( $18.5 \pm 1.8$ ;  $18.3 \pm 2.1$ ; and  $17.9 \pm 2.4$  cm, respectively), not differing from each other, but superior to the other treatments.

For root length (RL), there was no significant difference among substrates ( $p = 0.381$ ), with an overall mean of  $17.9 \pm 3.0$  cm. On the other hand, the shoot/root ratio (SH/RL) was close to 1 in all treatments, being significantly higher in substrates S2, S3, and S4, indicating morphological balance. The variables number of branches, number of fleshy roots, and number of stems were not affected by the substrates ( $p \geq 0.05$ ).

### Crescimento inicial em diferentes substratos

Houve efeito significativo dos substratos sobre a altura da planta (AP) ( $p = 0,001$ ) e sobre a relação parte aérea/comprimento da raiz (AP/CR) ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 6). Os substratos S2 (40,0% solo, 40,0% húmus, 20,0% CC), S3 (30,0% solo, 30,0% húmus, 40,0% CC) e S4 (20,0% solo, 20,0% húmus, 60,0% CC) apresentaram as maiores médias de altura ( $18,5 \pm 1,8$ ;  $18,3 \pm 2,1$  e  $17,9 \pm 2,4$  cm, respectivamente), sem diferirem entre si, mas superiores aos demais tratamentos.

Para o comprimento de raiz (CR), não houve diferença significativa entre substratos ( $p = 0,381$ ), com média geral de  $17,9 \pm 3,0$  cm. Por outro lado, a relação AP/CR foi próxima de 1 em todos os tratamentos, sendo significativamente maior nos substratos S2, S3 e S4, indicando equilíbrio morfológico. As variáveis número de ramos, número de raízes carnosas e número de hastes não foram afetadas pelos substratos ( $p \geq 0,05$ ).

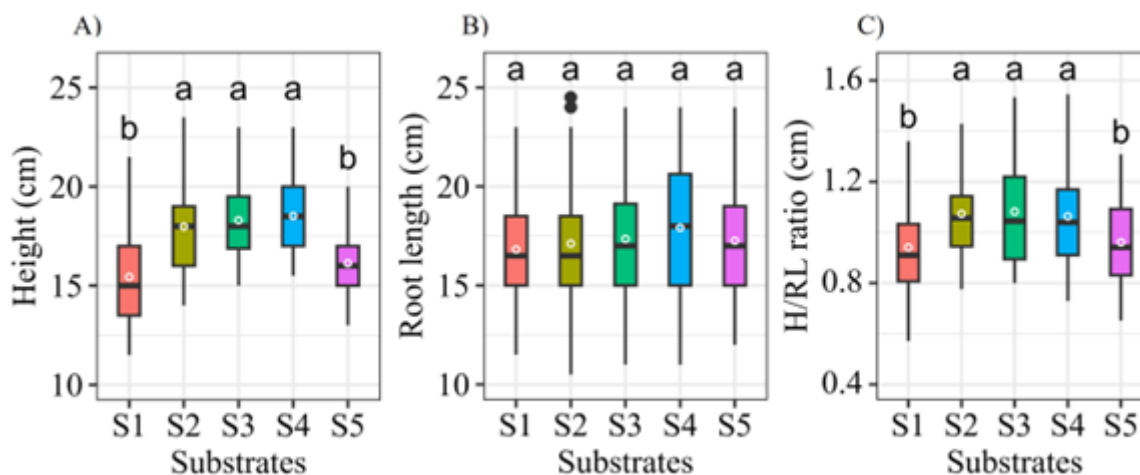


Figure 6 - Plant height (A), root length (B), and shoot/root length ratio (C) of *Asparagus officinalis* as a function of different substrates, at 30 days after transplanting. Different letters indicate significant differences according to Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ).

Figura 6 - Altura de plantas (A), comprimento da raiz (B) e relação parte aérea/comprimento da raiz (C) de *Asparagus officinalis* em função de diferentes substratos, aos 30 dias após o transplantio. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## DISCUSSION

In this study, it was observed that, during the initial stages of asparagus seedling development, seed quality ensures satisfactory emergence. This indicates that seeds with superior physiological quality, particularly in terms of viability and vigour, are essential for efficient seedling emergence. Once the emergence phase has been overcome, substrate composition becomes the determining factor for subsequent seedling growth and development (HARTMANN *et al.*, 2011).

The emergence of *Asparagus officinalis* seedlings observed in this study, beginning from five DAS and stabilizing at 19 DAS, falls within the range reported for the species under temperatures close to 25 °C (RESENDE *et al.*, 1999; BENSON, 2012). The absence of differences in mean emergence time (MET) indicates similar physiological behavior between viable seeds from the two sources regarding intrinsic germination speed. However, the superiority of commercial seeds in final emergence percentage and emergence speed index (ESI) reveals consistent differences in the physiological quality of the seed lots.

Seed germination involves a sequence of physiological processes, including imbibition, reactivation of cellular metabolism, enzyme synthesis, and mobilization of reserves stored in the endosperm or cotyledons (BEWLEY *et al.*, 2013). Higher-vigor seeds exhibit greater integrity of cellular membranes and higher metabolic efficiency, enabling rapid reorganization of cellular structures after hydration and more efficient mobilization of energy reserves (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

From an ecophysiological perspective, the greater emergence and speed observed in commercial seeds indicate higher efficiency in metabolic reorganization processes after imbibition, reflecting greater membrane integrity and reserve mobilization capacity (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). Subsequent results related to the substrate suggest that differential responses to the growing environment can be attributed to the interaction among oxygen availability, water retention, and nutrient supply-factors that directly regulate root activity and the carbon–water balance of seedlings (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

## DISCUSSÃO

Neste estudo, observou-se que para as etapas iniciais do desenvolvimento das plântulas de aspargo, a qualidade das sementes garante uma boa emergência. Isso implica que sementes com melhor qualidade fisiológica, como viabilidade e vigor, são fundamentais para que as mudas consigam emergir de maneira eficiente. Uma vez superada a fase de emergência, a composição do substrato se torna o fator determinante para o crescimento e o desenvolvimento das mudas (HARTMANN *et al.*, 2011).

A emergência das mudas de *Asparagus officinalis* observada neste estudo, iniciando aos cinco DAS e estabilizando aos 19 DAS, está dentro da faixa descrita para a espécie sob temperaturas próximas a 25 °C (RESENDE *et al.*, 1999; BENSON, 2012). A ausência de diferença no tempo médio de emergência (TME) indica comportamento fisiológico semelhante entre sementes viáveis das duas procedências quanto à velocidade intrínseca de germinação. Entretanto, a superioridade das sementes comerciais no percentual final de emergência e no índice de velocidade de emergência (IVE) revela diferenças consistentes na qualidade fisiológica dos lotes.

A germinação das sementes envolve uma sequência de processos fisiológicos que incluem a embebição, a reativação do metabolismo celular, a síntese de enzimas e a mobilização das reservas armazenadas no endosperma ou cotilédones (BEWLEY *et al.*, 2013). Sementes de maior vigor apresentam maior integridade de membranas celulares e maior eficiência metabólica, o que permite rápida reorganização das estruturas celulares após a hidratação e maior eficiência na mobilização de reservas energéticas (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

Considerando o aspecto ecofisiológico, a maior emergência e velocidade observadas nas sementes comerciais indicam maior eficiência nos processos de reorganização metabólica após a embebição, refletindo maior integridade de membranas e capacidade de mobilização de reservas (MARCOS-FILHO, 2015; FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016). Os resultados subsequentes relacionados ao substrato sugerem que a resposta diferencial ao ambiente de cultivo pode ser atribuída à interação entre disponibilidade de oxigênio, retenção hídrica e fornecimento de nutrientes, fatores que regulam diretamente a atividade radicular e o balanço carbono–água das plântulas (SOURÍ; HATAMIAN, 2019).

The higher emergence of commercial seeds compared to local seeds (89.3% and 68.8%, respectively) indicates greater uniformity and physiological vigor, since high-vigor seeds maintain superior performance even when environmental conditions do not impose significant limitations (MARCOS-FILHO, 2015). The ESI reinforces this interpretation by demonstrating not only higher final emergence but also greater synchronization of the process. The lack of difference in MET suggests that the inferior performance of local seeds is more associated with lot heterogeneity or reduced overall viability than with slower physiological performance of viable seeds.

The temporal distribution of emergence influences the initial stand structure, as early-emerging seedlings tend to have a competitive advantage (ESPINAR *et al.*, 2023). In this context, LAMICHHANE *et al.* (2023) also demonstrated an association between emergence vigor and establishment success, indicating that the dynamics of the process may affect subsequent crop performance.

In perennial crops such as asparagus, initial establishment has a cumulative effect on productivity over the years, since the reserve root system formed during early stages determines the capacity for spear production and crop longevity. Thus, seemingly small differences in emergence and early growth may result in significant agronomic impacts throughout the production cycle. This cumulative effect is particularly relevant in tropical systems, where edaphoclimatic constraints may amplify initial differences among plants.

Differences in seed lot quality may be related to the fact that mother plants were not at full productive stability, a stage at which they exhibit an optimal reserve balance for the formation of high-performance embryos, even though all harvesting and storage precautions were taken (MARCOS-FILHO, 2015).

In asparagus, techniques such as hydropriming have been reported to standardize emergence (DIVYA *et al.*, 2019), suggesting that improvements in seed processing may enhance the performance of regionally produced seeds. In the Amazon context, local production appears viable but depends on greater standardization and quality control.

A maior emergência das sementes comerciais em relação as sementes locais (89,3% e 68,8%, respectivamente) indica maior uniformidade e vigor fisiológico, uma vez que sementes de alto vigor mantêm desempenho superior mesmo quando as condições ambientais não impõem limitações significativas (MARCOS-FILHO, 2015). O IVE reforça essa interpretação ao evidenciar não apenas maior emergência final, mas também maior sincronização do processo. A ausência de diferença no TME sugere que o desempenho inferior das sementes locais esteve mais associado à heterogeneidade do lote ou à redução da viabilidade global do que à lentidão fisiológica das sementes viáveis.

A distribuição temporal da emergência influencia a estrutura inicial do estande, uma vez que plântulas emergidas precocemente tendem a apresentar vantagem competitiva (ESPINAR *et al.*, 2023). Nessa linha, Lamichhane *et al.* (2023) também demonstraram associação entre vigor de emergência e sucesso de estabelecimento, indicando que a dinâmica do processo pode repercutir no desempenho subsequente da cultura.

Em culturas perenes como o aspargo, o estabelecimento inicial exerce efeito cumulativo sobre a produtividade ao longo dos anos, uma vez que o sistema radicular de reserva formado nas fases iniciais determina a capacidade de emissão de turíões e a longevidade da cultura. Assim, diferenças aparentemente discretas na emergência e no crescimento inicial podem resultar em impactos agrônômicos significativos ao longo do ciclo produtivo. Esse efeito cumulativo é particularmente relevante em sistemas tropicais, onde limitações edafoclimáticas podem intensificar diferenças iniciais entre plantas.

Diferenças na qualidade dos lotes podem estar relacionadas ao fato de as plantas matrizes não se encontrarem em plena fase de estabilidade produtiva, período em que a planta-mãe apresenta o balanço ideal de reservas para a formação de embriões de alto desempenho, embora todos os cuidados quanto à colheita e ao armazenamento tenham sido adotados (MARCOS-FILHO, 2015).

Em aspargo, técnicas como o condicionamento hídrico têm sido relatadas para uniformizar a emergência (DIVYA *et al.*, 2019), sugerindo que ajustes no beneficiamento podem elevar o desempenho de sementes produzidas regionalmente. No contexto amazônico, a produção local mostra-se viável, mas depende de maior padronização e controle de qualidade.

After the emergence phase, substrate composition played a decisive role in the initial growth of seedlings. Among the five substrates evaluated, three did not differ statistically in terms of plant height and SH/RL ratio:  $S_{40}H_{40}CC_{20}$ ,  $S_{30}H_{30}CC_{40}$ , and  $S_{20}H_{20}CC_{60}$ .

Among these, substrate  $S_{40}H_{40}CC_{20}$  presented a higher proportion of mineral and organic fractions, which may be associated with greater structural stability, making it one of the most favorable formulations for initial asparagus seedling growth. The SH/RL ratio observed in this substrate was also balanced, indicating proportional development between plant compartments. This ratio is considered an important indicator of the morphophysiological quality of seedlings, as it reflects the balance between the roots' capacity to absorb water and nutrients and the shoot's capacity to produce assimilates (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018).

In asparagus, spear productivity is associated with the vigor and architecture of the root system, since the number, length, and diameter of roots influence reserve storage capacity and, consequently, crop yield potential. Thus, the development and distribution of storage roots can influence asparagus productivity, as root system dynamics are related to stem production and diameter (DROST, 2023).

The absence of differences in root length suggests lower sensitivity of root longitudinal growth to substrate variation during the evaluated period. However, changes in the shoot/root ratio indicate differential responses in biomass allocation. In perennial crops such as asparagus, proper establishment of the storage root system in the early years is crucial for subsequent productivity (DROST, 2023). Thus, even subtle early changes may have long-term agronomic implications.

Although the number of branches, fleshy roots, and stems did not differ among treatments, these structures were still at an early stage of development, which may have limited their responsiveness to substrate conditions.

Após a fase de emergência, a composição do substrato desempenhou papel determinante no crescimento inicial das mudas. Entre os cinco substratos avaliados, três não se diferenciaram estatisticamente quanto à altura das plantas e à relação AP/CR:  $S_{40}H_{40}CC_{20}$ ,  $S_{30}H_{30}CC_{40}$  e  $S_{20}H_{20}CC_{60}$ .

Entre esses, o substrato  $S_{40}H_{40}CC_{20}$  apresentou maior proporção de fração mineral e orgânica, o que pode estar associado a maior estabilidade estrutural, sendo indicado como uma das formulações mais favoráveis ao crescimento inicial das mudas de aspargo. A relação AP/CR observada nesse substrato também se mostrou equilibrada, indicando desenvolvimento proporcional entre os compartimentos da planta. Essa relação é considerada um importante indicador da qualidade morfofisiológica de mudas, pois reflete o equilíbrio entre a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes e a produção de assimilados pela parte aérea (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018).

Em aspargo, a produtividade de turões está associada ao vigor e à arquitetura do sistema radicular, uma vez que o número, o comprimento e o diâmetro das raízes influenciam a capacidade de armazenamento de reservas e, conseqüentemente, o potencial produtivo da cultura. Nesse sentido, o desenvolvimento e a distribuição das raízes de reserva podem influenciar o desempenho produtivo do aspargo, dado que a dinâmica do sistema radicular está relacionada à produção e ao calibre das hastes (DROST, 2023).

A ausência de diferença no comprimento radicular sugere menor sensibilidade da expansão longitudinal das raízes às variações do substrato no período avaliado. Contudo, a alteração na relação parte aérea/raiz indica resposta diferenciada na distribuição de biomassa. Em culturas perenes como o aspargo, o estabelecimento adequado do sistema radicular de reserva nos anos iniciais é determinante para o desempenho produtivo subsequente (DROST, 2023). Assim, mesmo alterações iniciais discretas podem ter implicações agrônomicas de longo prazo.

Embora o número de ramos, raízes carnosas e hastes não tenham diferido entre tratamentos, tais estruturas ainda se encontravam em fase incipiente de desenvolvimento, o que pode ter limitado sua responsividade às condições do substrato.

The morphophysiological quality of seedlings, especially the functional balance between shoot and root systems, is a consistent indicator of post-transplant survival capacity (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018). In this context, the SH/RL ratio emerges as a relevant integrative parameter for inferring field establishment potential.

The mineral fraction represented by soil contributes to greater structural stability of the substrate, as well as providing physical support and increasing water retention capacity (TAVARES *et al.*, 2023). Earthworm humus acts as an important source of nutrients and organic matter, increasing cation exchange capacity and promoting water retention and microbial activity in the substrate (EDWARDS *et al.*, 2011). Carbonized rice husk significantly improves porosity and aeration of the growing medium, facilitating oxygen diffusion in the root system (SOURÍ; HATAMIAN, 2019; MONTEIRO NETO *et al.*, 2018).

Overall, the results indicate that seed physiological quality is decisive during the emergence phase, whereas substrate composition becomes more relevant during subsequent growth. The combination of high-vigor seeds and substrates with an intermediate mineral fraction represents a promising strategy to optimize initial establishment. Field evaluations and long-term studies are necessary to verify the persistence of these responses throughout the crop production cycle.

## CONCLUSION

The physiological quality of *Asparagus officinalis* seeds is a determining factor for successful emergence, with commercial seeds showing a higher percentage and faster rate of emergence compared to locally produced seeds;

Initial seedling establishment depends on substrate composition, with particular emphasis on formulations containing balanced proportions of mineral and organic fractions, such as treatments S<sub>40</sub>H<sub>40</sub>CC<sub>20</sub> and S<sub>30</sub>H<sub>30</sub>CC<sub>40</sub>, composed of Oxisol (Brazilian classification: Yellow Latosol), earthworm humus and carbonised rice husk;

A qualidade morfofisiológica das mudas, especialmente o equilíbrio funcional entre parte aérea e sistema radicular, constitui indicador consistente da capacidade de sobrevivência pós-transplante (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018). Nesse contexto, a relação AP/RA emerge como parâmetro integrativo relevante para inferir o potencial de estabelecimento em campo.

A fração mineral representada pelo solo contribui para maior estabilidade estrutural do substrato, além de fornecer suporte físico e aumentar a capacidade de retenção de água (TAVARES *et al.*, 2023). O húmus de minhoca atua como importante fonte de nutrientes e matéria orgânica, aumentando a capacidade de troca de cátions e favorecendo a retenção de água e a atividade microbológica do substrato (EDWARDS *et al.*, 2011). Já a casca de arroz carbonizada melhora significativamente a porosidade e a aeração do meio de cultivo, facilitando a difusão de oxigênio no sistema radicular (SOURÍ; HATAMIAN, 2019; MONTEIRO NETO *et al.*, 2018).

De forma integrada, os resultados indicam que a qualidade fisiológica da semente é determinante na fase de emergência, enquanto a composição do substrato assume maior relevância no crescimento subsequente. A combinação entre sementes de alto vigor e substratos com fração mineral intermediária representa estratégia promissora para otimizar o estabelecimento inicial. Avaliações em campo e estudos de longo prazo são necessários para verificar a persistência dessas respostas ao longo do ciclo produtivo da cultura.

## CONCLUSÃO

A qualidade fisiológica das sementes de *Asparagus officinalis* constitui fator determinante para o sucesso da emergência, com sementes comerciais apresentando maior percentual e velocidade de emergência em comparação às sementes produzidas localmente;

O estabelecimento inicial das mudas depende da composição do substrato, destacando-se as formulações com proporções equilibradas entre as frações mineral e orgânica, como aquelas correspondentes aos tratamentos S<sub>40</sub>H<sub>40</sub>CC<sub>20</sub> e S<sub>30</sub>H<sub>30</sub>CC<sub>40</sub>, compostos por Latossolo Amarelo, húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada;

The results demonstrated that the initial establishment of asparagus depends on the interaction between seed quality and substrate. In this context, the use of higher-vigor seeds combined with substrates formulated from regionally available materials constitutes a viable strategy for seedling production;

Although the study is limited to the early stages of development, the results indicated that differences in emergence and initial growth may influence the subsequent performance of the crop, especially in tropical systems, highlighting the importance of proper management during the establishment phase.

Os resultados evidenciam que o estabelecimento inicial do aspargo depende da interação entre a qualidade das sementes e substrato. Nesse contexto, a utilização de sementes de maior vigor associada a substratos formulados com materiais disponíveis regionalmente configura uma estratégia viável para a produção de mudas;

Embora o estudo esteja restrito às fases iniciais de desenvolvimento, os resultados indicam que diferenças na emergência e no crescimento inicial podem influenciar o desempenho subsequente da cultura, especialmente em sistemas tropicais, destacando a importância do manejo adequado na fase de estabelecimento.

### CITED SCIENTIFIC LITERATURE

---

ARAÚJO, B. A.; CELIN, E. F.; COSTA, R. S.; CALVET, A. S. F.; CARVALHO, H. H. de; BEZERRA, M. A. Development and quality of melon fruits grown under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 3, p. e277374, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n3e277374>

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development**, Germination and Dormancy. 3rd ed. New York: Springer, 2013.

DIVYA, K.; VIJAYAN, S.; NAIR, S. J.; JISHA, M. S. Optimization of chitosan nanoparticle synthesis and its potential application as germination elicitor of *Oryza sativa* L. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 1053-1059, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.185>.

DROST, D. Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Root Distribution Varies with Cultivar during Early Establishment Years. **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. e125, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020125>

ENCINA, C. L.; REGALADO, J. J. Aspects of *In Vitro* Plant Tissue Culture and Breeding of Asparagus: A Review. **Horticulturae**, v. 8, p. e439, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050439>.

ESPINAR, J. L.; FIGUEROLA, J.; GREEN, A. J. Long term impacts of endozoochory and salinity on germination of wetland plants after entering simulated seed banks. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. e1275622, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1275622>

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**. v.67, p.567-591, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>

GROSSNICKLE, S.C.; MACDONALD, J.E. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 49, p. 1-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, E. T. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 8th Edition. Prentice Hall. 2011.

LABOURIU, L. G. **A germinação das sementes**. Secretaria-Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Universidade do Texas, 1983. ISBN 0827017669, 9780827017665, 174p.

LAMICHHANE, J. R.; VARAILLAS C.; DEBAEKE P. Seedling emergence and biomass production of soybean cultivars under wheat-soybean relay cropping. **Plos One**. v. 18, n. 11, p. e0293671, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293671>

LOZANO-ISLA F.; BENITES-ALFARO, O. E.; POMPELLI, M. F. GerminAR: An R package for germination analysis with the interactive web application “GerminaQuant for R”. **Ecological Research**, v. 34, p. 339-346, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1440-1703.1275>

MAGUIRE, J. D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MARCOS-FILHO, J. Review: Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>

NGUYEN, T. V. L.; TRAN, T. Y. N.; LAM, D. T.; BACH, L. G.; NGUYEN, D. C. Effects of microwave blanching conditions on the quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) butt segment. **Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 11, p. 3513-3519, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1199>.

RESENDE, G. M. DE; FLORI, J. E.; D’OLIVEIRA, L. O. B. **Formação de mudas e época de transplante do aspargo**. Embrapa-Cratsa. Circular Técnica, Petrolina. PE:EMBRAPA-CPATSA, v. 42, p. 13, 1999. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/133024/formacao-de-mudas-e-epoca-de-transplantedo-aspargo>.

SOURI, M. K.; HATAMIAN, M. Aminochelates in plant nutrition: A review. **Journal of Plant Nutrition**. v. 42, p. 67-78, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671>

TAVARES, I. N.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; IUIT, C. E. C.; GUEDES, Y. A.; SILVA, D. C. O. Characterization of substrates and their influence on germination and growth of asparagus seedlings. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 1, p. e7254, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v10i1.7254>

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag Nova York. ISBN 978-3-319-24277-4, 2016. DOI: <https://ggplot2.tidyverse.org>