বাংলাদেশে এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মানসম্পন্ন বীজ আলু (মিনি-টিউবার) উৎপাদন

কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র
বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট
জয়দেবপুর, গাজীপুর-১৭০১

বাংলাদেশে এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মানসম্পন্ন বীজ আলু (মিনি-টিউবার) উৎপাদন

রচনায়

ড. মোহাম্মদ জিয়াউল হক
ড. তপন কুমার পাল
ড. বিমল চন্দ্র কুন্ডু
এ. টি. এম. তানজিমুল ইসলাম
ড. মো. মনিরুল ইসলাম
ড. মো. ছামছুল আলম
ড. হরিদাস চন্দ্র মোহন্ত
মো. মাজেদুল ইসলাম

সম্পাদনায়

জেবুন নেছা
ড. মোহা. মনিরুজ্জামান
ড. দীদার সুলতানা
মো. হাসান হাফিজুর রহমান
মো. আল-আমিন

কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র
বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট
জয়দেবপুর, গাজীপুর-১৭০১

প্রকাশকাল
এপ্রিল ২০১৯
২,০০০ কপি

প্রকাশনায়
সম্পাদনা ও প্রকাশনা
প্রশিক্ষণ ও যোগাযোগ উইং
বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট
জয়দেবপুর, গাজীপুর-১৭০১, বাংলাদেশ
ফোন : ০২ ৪৯২৭০০৩৮
ই-মেইলঃ editor.bjar@gmail.com

বিস্তারিত তথ্যের জন্য যোগাযোগ
কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র
বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট
জয়দেবপুর, গাজীপুর-১৭০১

স্বত্ব সংরক্ষিত
বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট

মুদ্রণে
দি ঢাকা প্রিন্টার্স
৬৭/ডি, গ্রীণরোড, পান্থপথ
ঢাকা-১২০৫
ফোন : ০১৮২২৮২৮৮৬৯

Correct citation
Hoque, M. Z., T. K. Paul, B. C. Kundu, A. T. M. Tanjimul Islam, M. M. Islam, M. S. Alam, H. C. Mohanta and M. M. Islam. 2019. Quality Seed Potato (Mini-tuber) Production Using Aeroponics System in Bangladesh. Tuber Crops Research Centre, BARI, Gazipur.

ভূমিকা

আলু বর্তমান বিশ্ব তথা বাংলাদেশের একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ খাদ্য ফসল। এটা শীত প্রধান দেশের প্রধান খাদ্য হিসেবে বিবেচিত হলেও বাংলাদেশসহ এশিয়া মহাদেশের বিভিন্ন দেশে এটি প্রধানতঃ সবজি হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অধিক ফলন, স্বল্প জীবনকাল ও উচ্চ পুষ্টিমানের কারণে গত কয়েক দশকে আলু বাংলাদেশের একটি গুরুত্বপূর্ণ ফসল হিসেবে পরিচিতি লাভ করেছে। দেশের ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার খাদ্য ও পুষ্টি নিরাপত্তায় আলুই ধানের একমাত্র বিকল্প ফসল। সাম্প্রতিককালে এ দেশে আলুর উল্লেখযোগ্য উৎপাদন বৃদ্ধি, রপ্তানির মাধ্যমে বৈদেশিক মুদ্রা অর্জন, কর্মসংস্থান সৃষ্টি ও ব্যবসার সুযোগ বৃদ্ধি পাওয়ায় এ দেশে আলুর উৎপাদন ও বাজারজাতকরণ বানিজ্যিক রূপ নিতে শুরু করেছে এবং এ দেশের অর্থনীতিতে বিশেষ অবদান রাখার সুযোগ সৃষ্টি করেছে (Jalil Bhuyan and Saha, 2017)।

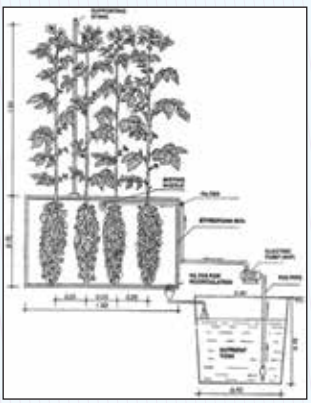
গত ২০১৬-১৭ অর্থ বছরে বাংলাদেশে ৭০-৮০ লক্ষ মেট্রিক টন চাহিদার বিপরীতে ৪.৯৯ লক্ষ হেক্টর জমিতে ১০২ লক্ষ মেট্রিক টন আলু উৎপাদিত হয়েছে এবং গড় ফলন ছিল ২০ মেট্রিক টন/হেক্টর (BBS, ২০১৮)। অর্থাৎ বর্তমানে বাংলাদেশ উদ্বৃত্ত আলু উৎপাদনকারী দেশ। এ পর্যন্ত কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই, ৭৯টি আলুর জাত উদ্ভাবন করেছে। যাদের অধিকাংশের ফলন সক্ষমতা ৪০ মেট্রিক টন বা তারও অধিক। শুধুমাত্র মানসম্পন্ন বীজ, উচ্চ ফলনশীল জাত ও আধুনিক কলাকৌশল ব্যবহার করেই এই গড় ফলন সহজেই ৩০ মেট্রিক টনে উন্নীত করা সম্ভব। ফলন একশ লক্ষ টনে স্থির রেখে, গড় ফলন ৩০ মেট্রিক টনে উন্নীত করা গেলে, প্রায় ২ লক্ষ হেক্টর জমি আলু চাষের আওতা থেকে বের করে আনা যাবে, যেখানে অন্যান্য উচ্চ মূল্যের ফসল চাষ করে দেশজ উৎপাদন বৃদ্ধি তথা খাদ্য ও পুষ্টি নিরাপত্তা নিশ্চিত করা সম্ভব হবে।

এ দেশে আলু চাষের প্রধান অন্তরায় হচ্ছে মানসম্পন্ন ও রোগমুক্ত বীজ আলুর সহজ প্রাপ্যতা। বর্তমানে দেশে মানসম্পন্ন বীজ আলুর চাহিদা প্রায় ৮-১০ লক্ষ মেট্রিক টন। এ চাহিদার বিপরীতে সকল সরকারি ও বেসরকারি প্রতিষ্ঠান মিলে মাত্র ১০-১২% মানসম্পন্ন বীজ আলু সরবরাহ করতে সক্ষম। মানসম্পন্ন ও রোগমুক্ত বীজ আলু উৎপাদন করতে আধুনিক ও জীব প্রযুক্তির বিকল্প নেই। তাই আধুনিক ও জীব প্রযুক্তির (টিস্যু কালচার) মাধ্যমে উন্নতমানের বীজ আলু উৎপাদন করে এ দেশের বীজ আলুর আমদানি নির্ভরতা যেমন কমিয়ে আনা সম্ভব, তেমনি দেশে উদ্ভাবিত উন্নত ও উচ্চ ফলনশীল জাতসমূহের বীজ দ্রুত কৃষকের মাঝে ছড়িয়ে দেয়াও সম্ভব। টিস্যু কালচার প্রযুক্তির মাধ্যমে ইতোমধ্যে বাংলাদেশের কয়েকটি সরকারি প্রতিষ্ঠান (যেমন- বাংলাদেশ কৃষি গবেষণা ইনস্টিটিউট, বাংলাদেশ কৃষি উন্নয়ন কর্পোরেশন ও আরডিএ) ও বেসরকারি পর্যায়ে বেশ কয়েকটি প্রতিষ্ঠান বীজ আলু উৎপাদন করছে। প্রচলিত পদ্ধতিতে টিস্যু কালচারের মাধ্যমে উৎপাদিত রোগমুক্ত প্লান্টলেট থেকে নেট হাউজে মাটিতে মিনি-টিউবার উৎপাদিত হয়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে উৎপাদিত মিনি-টিউবারের সংখ্যা ও ফলন অনেক কম। তাছাড়াও

মাটিবাহিত রোগে আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা অনেক বেশি থাকে। এই সমস্যা নিরসনকল্পে আধুনিক পদ্ধতির ব্যবহার অতীব জরুরি। এরোপনিক্স তেমনি একটি আধুনিক পদ্ধতি, যেখানে কোন রকম মাটির স্পর্শ ছাড়াই উদ্ভিদকে একটি প্লাটফর্মে স্থাপন করে শিকড় ও স্টোলন বায়ুতে ঝুলিয়ে খাদ্যোপাদান মিশ্রিত পানির দ্রবণ ধূমায়িত পদ্ধতিতে নির্দিষ্ট সময় পর পর শিকড়ে স্প্রে করে ফসল উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে গাছের শিকড় সম্পূর্ণ বায়বীয় অবস্থায় থাকায় শিকড় পর্যাপ্ত বৃদ্ধি পায়। ফলশ্রুতিতে ফসলের ফলনও বৃদ্ধি পায় ও মাটিবাহিত রোগের আক্রমণ থেকে গাছ ও মিনি-টিউবার রক্ষা পায়। পেরুতে অবস্থিত আন্তর্জাতিক আলু গবেষণা কেন্দ্র, আমাদের পার্শ্ববর্তী দেশ ভারত ও শ্রীলংকাসহ বিশ্বের বিভিন্ন দেশ ইতোমধ্যে এই প্রযুক্তি ব্যবহার করে সফলভাবে মানসম্পন্ন ও রোগমুক্ত বীজ আলু (মিনি-টিউবার) উৎপাদন করছে। গত অর্থবছরে (২০১৭-১৮) কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই, বাংলাদেশে প্রথম বারের মত এরোপনিক্স নামক নতুন এ প্রযুক্তিটি দেশীয় পদ্ধতিতে তৈরি করে পরীক্ষা স্থাপনের মাধ্যমে পাঁচটি জাতের মিনি-টিউবার উৎপাদনে সফলতা অর্জন করেছে। এ পরীক্ষার মূল উদ্দেশ্য ছিল আলুর মানসম্পন্ন ও রোগমুক্ত মিনি-টিউবার উৎপাদনে দেশীয় পদ্ধতিতে তৈরিকৃত এ পদ্ধতির উপযোগিতা যাচাই এবং ভবিষ্যতে এ পদ্ধতির বাণিজ্যিকীকরণ। কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই ইতোমধ্যে প্রথম উদ্দেশ্য পূরণে সফল হয়েছে এবং দ্বিতীয় উদ্দেশ্য পূরণে অন্যান্য গবেষণা কাজ চালিয়ে যাচ্ছে। এ পদ্ধতির বাণিজ্যিকীকরণ করার লক্ষ্যে, সহজভাবে এই বুকলেটটি তৈরি করা হয়েছে, যাতে বীজ উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠানগুলো ও আগ্রহী পাঠক সহজেই এ পদ্ধতিটি অনুধাবন ও অনুসরণ করতে পারেন।

এরোপনিক্স পদ্ধতির কৌশল

এ পদ্ধতিতে গাছ থাকবে প্লাটফর্মের উপর আর শিকড় ও স্টোলন ঝুলে থাকবে মূল স্ট্রাকচারের ভিতর। খাদ্যোপাদান মিশ্রিত পানির দ্রবণ ধূমায়িত পদ্ধতিতে নির্দিষ্ট সময় পর পর শিকড়ে স্প্রে করে গাছ জন্মানো ও মিনি-টিউবার উৎপাদন করা হয়। শিকড়, স্টোলন ও মিনি-টিউবার সম্পূর্ণ অন্ধকার পরিবেশে থাকে। এই পদ্ধতিতে উদ্ভিদ জন্মানোর সম্পূর্ণ পরিবেশটি রোগ ও পোকা-মাকড়মুক্ত থাকায়, মাটিতে জন্মানো গাছ থেকে এ গাছ অধিকতর সবল হয় ও দ্রুত বৃদ্ধি পায়। এ প্রযুক্তির প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো হলো- একটি প্লাটফর্ম, খাদ্যোপাদান মিশ্রিত পানির দ্রবণ, খাদ্যোপাদান সরবরাহ ট্যাংক, স্বয়ংক্রিয় খাদ্যোপাদান সরবরাহ পদ্ধতি ও নিরবিচ্ছিন্ন বিদ্যুৎ প্রবাহ।



চিত্র: এরোপনিক্স পদ্ধতির মূল কৌশল (সহযোগীতায়: Otazu, 2010)

প্রচলিত পদ্ধতির তুলনায় এরোপনিক্স পদ্ধতির সুবিধাসমূহ

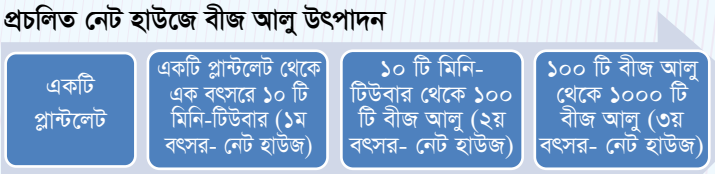
- প্রচলিত পদ্ধতির তুলনায় এক মৌসুমেই দশ গুণ বেশি ফলন পাওয়া যায় (Otazu, 2010)।
- মানসম্পন্ন (ভাইরাস ও মাটিবাহিত রোগমুক্ত) বীজ আলু উৎপাদন করা যায় (Otazu, 2010)।
- বছরে ২-৩ বার ফসল চক্রাকারে করা সম্ভব।
- খাদ্যোপাদান ও পানির ব্যবহার সর্বনিম্ন হয় (Mbiya *et al.,* 2012)।
- ক্রমাগত মিনি-টিউবার সংগ্রহের কারণে অধিক উৎপাদন ও বীজের আকার নিয়ন্ত্রণ করা যায় (Mbiya *et al.,* 2012)।
- গাছের বৃদ্ধি ও রোগবালাই দমনে বায়ো-এজেন্ট সহজে ব্যবহার করা যায় (Mbiya *et al.,* 2012)।
- লবণাক্ততা ও খরা প্রতিরোধী জাত উদ্ভাবনের গবেষণায় ব্যবহার করা যায়।
- উলম্ব কৃষির গবেষণায় ব্যবহার করা যায়।
- নিরাপদ কৃষি পণ্য উৎপাদন করা যায়।
- প্রাকৃতিক দুর্যোগবিহীন ফসল উৎপাদন করা যায়।

এরোপনিক্স পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা

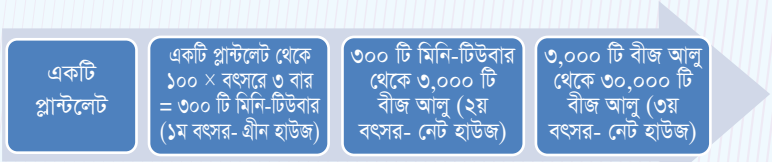
- এই প্রযুক্তিটি সম্পূর্ণভাবে বিদ্যুৎ নির্ভর।
- সারা বছর মিনি-টিউবার উৎপাদনের জন্য নিয়ন্ত্রিত পরিবেশ (গ্রীন হাউজ) প্রয়োজন।
- প্রাথমিক ব্যয় বেশি।
- প্রশিক্ষণ প্রাপ্ত কর্মী প্রয়োজন।

প্রচলিত ও এরোপনিক্স পদ্ধতিতে বীজ আলু উৎপাদনের তুলনামূলক চিত্র

প্রচলিত নেট হাউজে বীজ আলু উৎপাদন



এরোপনিক্স পদ্ধতিতে গ্রীন হাইজ ও নেট হাউজে বীজ আলু উৎপাদন



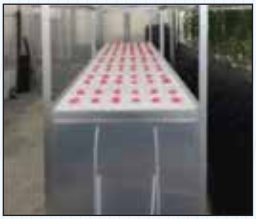
এক বৎসরে প্রচলিত পদ্ধতির তুলনায় মিনি-টিউবার বৃদ্ধি পায় ৩০ গুণ এবং বীজ উৎপাদন চক্র কমে যাবে ৩-৪ টি। যার ফলে কৃষক ৩-৪ প্রজন্মের বীজ আলু পাবে ৬-৭ প্রজন্মের বীজ আলুর পরিবর্তে। কম প্রজন্মের বীজ আলু মানে কম রোগাক্রান্ত ও অধিক মানসম্পন্ন।

সারণী-১: প্রচলিত ও এরোপনিক্স পদ্ধতির তুলনা

ক্রমিক নং	বিবরণ	প্রচলিত পদ্ধতিতে নেট হাউজে মিনি-টিউবার উৎপাদন	এরোপনিক্স পদ্ধতিতে গ্রীন হাউজে মিনি-টিউবার উৎপাদন
১	মিনি-টিউবার উৎপাদন	গড়ে গাছ প্রতি ১০ টি মিনি-টিউবার উৎপাদিত হয়	গড়ে গাছ প্রতি ১০০ টি মিনি-টিউবার উৎপাদিত হয়
২	উৎপাদন মৌসুম/বৎসর	একবার (শীতকালে)	(সারা বৎসর) তিন বার
৩	রোগবালাই	ভাইরাস রোগমুক্ত	ভাইরাস ও মাটি বাহিত রোগমুক্ত
৪	বীজ আলুর গুণাগুণ	ভাল	উত্তম
৫	মাঠ পর্যায়ে বীজ আলু থেকে বীজ আলুর উৎপাদন	স্বাভাবিক	প্রচলিত পদ্ধতির মতই স্বাভাবিক
৬	পানি ও খাদ্যোপাদানের ব্যবহার দক্ষতা	নিম্ন	উচ্চ
৭	বীজ আলুর আকার নিয়ন্ত্রণ	সম্ভব	সম্ভব নয়

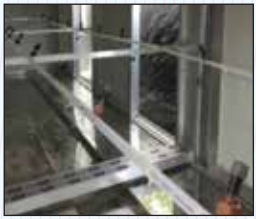
এরোপনিক্স পদ্ধতিতে স্ট্রাকচার তৈরির কৌশল

অ্যালুমিনিয়াম ও স্টেইনলেস স্টিল এর সমন্বয়ে একটি ৪.৫ × ১.৫ × ১.২ ঘন মি. আয়তনের এরোপনিক্স প্লাটফর্ম আন্তর্জাতিক আলু গবেষণা কেন্দ্রের গাইডলাইনের আলোকে দেশীয় উপকরণ ব্যবহার করে রূপান্তরিত পদ্ধতিতে তৈরি করা হয়েছে। নিউট্রিয়েন্ট ট্যাংক, এক হর্স পাওয়ার মটর, অটোমেটিক মিস্টিং মেশিনসহ সর্বমোট খরচ হয়েছিল ৪ লক্ষ টাকা যা ২০-২৫ বৎসর পর্যন্ত ব্যবহার করা যাবে। বিস্তারিত এরোপনিক্স প্লাটফর্ম তৈরীর বিষয়াবলী নিম্নে প্লেট ১ (ক-চ) এ চিত্রায়িত হলো।



ক. এরোপনিক্স প্লাটফর্ম (৪.৫ × ১.৫ × ১.২ ঘ. মি.)

খ. এরোপনিক্স প্লাটফর্মের উপরের দৃশ্য



গ. মিস্টিং পদ্ধতি

ঘ. অটোমেটিক মিস্টিং যন্ত্র

ঙ. এক হর্স পাওয়ার মটর

চ. নিউট্রিয়েন্ট ট্যাঙ্ক (৩০০ লি.)

প্লেট ১(ক-চ)ঃ এরোপনিক্স স্ট্রাকচারের অটোমেটিক মিস্টিং যন্ত্র, এক হর্স পাওয়ার মটর, ও নিউট্রিয়েন্ট ট্যাঙ্কসহ (৩০০ লি.) গঠন কৌশল

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে চারা উৎপাদন কৌশল

এরোপনিক্সের জন্য টিস্যু কালচার পদ্ধতিতে ভাইরাসমুক্ত প্লান্টলেট উৎপাদন

এরোপনিক্স পদ্ধতির জন্য প্লান্টলেট উৎপাদন করতে হবে টিস্যু কালচার পদ্ধতিতে যাতে প্লান্টলেটগুলো ভাইরাসমুক্ত হয়। টিস্যু কালচার পদ্ধতিতে প্লান্টলেট উৎপাদন কৌশল নিম্নে প্লেট ২ (ক-চ) এ চিত্রায়িত হলো।

ক. আলুর স্প্রাউট

খ. লিফ প্রাইমোডিয়াসহ মেরিস্টেম

গ. মিডিয়াতে এক্সপ্লান্ট

ঘ. টেস্টটিউবে প্লান্টলেট উৎপাদন

ঙ. প্লান্টলেট সাব-কালচার

চ. অধিক পরিমাণ প্লান্টলেট উৎপাদন

প্লেট ২ (ক-চ): টিস্যুকালচার পদ্ধতিতে আলুর প্লান্টলেট উৎপাদন কৌশল

প্লান্টলেট হার্ডেনিং এবং অন্যান্য প্রক্রিয়ায় সংখ্যা বৃদ্ধির মাধ্যমে অধিক সংখ্যক আলুর চারা উৎপাদন

প্লান্টলেট হার্ডেনিং ও প্লাটফর্মে স্থাপন

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে লাগানোর জন্য টিস্যু কালচার পদ্ধতিতে উৎপাদিত সুস্থ সবল প্লান্টলেট বাছাই করার পর প্লান্টলেটের সাথে যুক্ত মিডিয়া অপসারণ করা হয়। তারপর প্লান্টলেটগুলোকে ছত্রাকনাশকের (ডাইথেন এম ৪৫ @০.২%) দ্রবণে ৪-৫ মিনিট রেখে জীবাণুমুক্ত করা হয়। এই প্লান্টলেটগুলো পরবর্তীতে জীবাণুমুক্ত বালি ভর্তি হার্ডেনিং ট্রেতে স্থাপন করে দুই সপ্তাহ রেখে পর্যাপ্ত শিকড় সৃষ্টির পর তা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে লাগাতে হয়। প্লান্টলেট হার্ডেনিং ও প্লাটফর্মে স্থাপন এর কৌশল শিল্প প্লেট ৩(ক-ঘ) চিত্রায়িত হল।

ক. প্লান্টলেট *খ. প্লান্টলেট থেকে মিডিয়া অপসারণ* *গ. হার্ডেনিং* *ঘ. প্লান্টলেট প্লাটফর্মে স্থানান্তর*

প্লেট ৩(ক-ঘ): প্লান্টলেট হার্ডেনিং এর পর প্লাটফর্মে স্থাপন কৌশল

টপ স্যুট কাটিং এর মাধ্যমে উৎপাদিত চারা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপন

টিস্যু কালচার পদ্ধতিতে উৎপাদিত সুস্থ সবল প্লান্টলেট জীবাণুমুক্ত বালি সম্বলিত হার্ডেনিং ট্রেতে দুই সপ্তাহ রেখে পর্যাপ্ত শিকড় সৃষ্টি করা হয়। তারপর তা আবার জীবাণুমুক্ত বালি, কোকো ডাস্ট ও জৈব পদার্থ (১ঃ১ঃ১) মিশ্রিত পটে জন্মিয়ে পর্যাপ্ত কাণ্ড তৈরি করে তা থেকে টপ স্যুট কাটিং তৈরি করা হয়। এখানে উল্লেখ্য যে, চারা টবে লাগানোর দুই সপ্তাহ পর টপ স্যুটটি কেটে দিলে ঐ চারা থেকে পর্যাপ্ত শাখা তৈরি হবে। এভাবে একটি প্লান্টলেট থেকে ২-৩ বারে ২০-৩০ টপ স্যুট কাটিং তৈরি করা সম্ভব। টপ স্যুট কাটিং তৈরি করার পর দ্রুত মূলের বৃদ্ধির জন্য কাঁটা অংশে রোটন নামক হরমোন পাউডার লাগিয়ে জীবাণুমুক্ত বালির ট্রেতে লাগালে দুই সপ্তাহের মধ্যে পর্যাপ্ত শিকড় সৃষ্টি হয়। পরবর্তীতে শিকড়যুক্ত টপ স্যুট কাটিং ডিস্টিল্ড ওয়াটার দিয়ে ধৌত করে ও ডাইথেন এম-৪৫ নামক ছত্রাকনাশকের ০.২% দ্রবণে শোধন করে তারপর তা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে লাগাতে হবে। টপ স্যুট কাটিং তৈরি ও প্লাটফর্মে স্থাপন এর বিস্তারিত প্রক্রিয়াটি নিম্নে প্লেট ৪(ক-চ) এ চিত্রায়িত হলো।

ক. প্লান্টলেট *খ. হার্ডেনিং* *গ. পটে প্লান্টলেটের বৃদ্ধি*

ঘ. টপস্যুট কাটিং

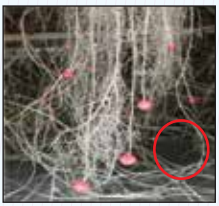
ঙ. টপস্যুট কাটিং থেকে তৈরিকৃত চারা

চ. প্লান্টলেট প্লাটফর্মে স্থানান্তর

প্লেট ৪ (ক-চ) ঃ টপ স্যুট কাটিং এর মাধ্যমে উৎপাদিত চারা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপন কৌশল

স্টোলন কাটিং এর মাধ্যমে উৎপাদিত চারা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপন

এটি চারা উৎপাদনের নতুন এবং অত্যন্ত সাশ্রয়ী পদ্ধতি। এরোপনিক্স প্লাটফর্মে লাগানো আলুর প্লান্টলেট/চারা থেকে ৪৫-৫৫ দিন পর প্রচুর স্টোলন বের হতে থাকে। এই স্টোলনগুলো মাঝে মাঝেই প্রুনিং/ছেঁটে দিতে হয় যাতে অবশিষ্ট স্টোলনে বেশি টিউবার বা কন্দ ধরে। এই ছাঁটাই করা অপ্রয়োজনীয় স্টোলন ব্যবহার করেই পর্যাপ্ত সুস্থ সবল চারা তৈরি করা যায়। প্রথমে ছাঁটাই করা স্টোলনকে এমনভাবে কাটতে হবে যেন প্রতিটি কাটিং এ ৪-৫ টি নোড থাকে। অতঃপর সেগুলোকে রুটিং হরমোনে কিছুক্ষণ (৪-৫ মিনিট) ডুবিয়ে রাখতে হবে। এরপর কাটিংগুলো কিছুক্ষণ টিস্যু পেপারের উপর স্থাপন করে শুষ্ক ও ঠাণ্ডা জায়গায় রেখে পানি শুকিয়ে সেগুলো জীবাণুমুক্ত বালির ট্রেতে লাগাতে হয়। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন লাগানোর সময় স্টোলন কাটিং এর মাথাসহ অন্তত একটি নোড বালির উপরে থাকে। লাগানোর পরই সম্পূর্ণ ট্রেটি সঠিকভাবে পানি দিয়ে ভিজিয়ে দিতে হবে। ৭-১৪ দিনের মধ্যেই সুস্থ সবল চারা তৈরি হয় যা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে অথবা অন্যত্র রোপণ করা যায়। স্টোলন কাটিং এর মাধ্যমে উৎপাদিত চারা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপনের বিস্তারিত প্রক্রিয়াটি নিম্নে প্লেট ৫(ক-ঘ) এ চিত্রায়িত হলো।



ক. স্টোলন কাটিং তৈরি

খ. স্টোলন কাটিং বালিতে স্থাপন

গ. উৎপাদিত চারা

ঘ. চারা প্লাটফর্মে স্থানান্তর

প্লেট ৫(ক-ঘ) ঃ স্টোলন কাটিং এর মাধ্যমে উৎপাদিত চারা এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপন কৌশল

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে খাদ্যোপাদানের দ্রবণ তৈরির কলাকৌশল (Otazu, 2010)

এই পদ্ধতির সাফল্য অনেকাংশে নির্ভর করে রাসায়নিক দ্রবণ তৈরির উপর। তাই রাসায়নিক দ্রবণ তৈরির সময় বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা বাঞ্চনীয়। নিম্নে দ্রবণ তৈরির বিভিন্ন ধাপ বর্ণনা করা হলো।

খাদ্যোপাদানের দ্রবণ তৈরির প্রয়োজনীয় উপকরণের তালিকা

১) সাধারণ ব্যালেন্স, ২) ইলেকট্রিক ব্যালেন্স, ৩) ফানেল, ৪) চা চামচ, ৫) মার্কার, ৬) প্লাস্টিক ব্যাগ, ৭) টিস্যু পেপার, ৮) মেজারিং ফ্লাক্স (৫০০ মি. লি., ১,০০০ মি. লি., ২,০০০ মি. লি. ও ৩,০০০ মি. লি.), ৯) কাঁচের পাত্র, ১০) স্টায়ার মেশিন, ১১) মর্টার ও পেস্টল, ১২) প্লাস্টিক কন্টেনার (৫ ও ১০ লিটার) ৪ টি, ১৩) পিএইচ মিটার, ১৪) ইসি মিটার ইত্যাদি।

সারণী-২: স্টক সলিউশন তৈরির জন্য যে সকল রাসায়নিক উপাদানের প্রয়োজন তার তালিকা ও পরিমাণ

রাসায়নিক উপাদান	রাসায়নিক সংকেত	মলিকুলার ওয়েট (গ্রাম/মোল)	পরিমাণ (গ্রাম)
স্টক সলিউশন 'এ' ৫ লিটার			
ক্যালসিয়াম সুপার ফসফেট	$Ca_3O_8P_2$	৩১০.১৭৪	১৮০.০
অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট*	NH_4NO_3	৮০.০৪৩	৩৫০.০
পটাসিয়াম নাইট্রেট	KNO_3	১০১.১০৩	৫৫০.০
স্টক সলিউশন 'বি' ২ লিটার			
কপার সালফেট	$CuSO_4.5H_2O$	১৫৯.৬০৯	১.০
জিংক সালফেট	$ZnSO_4.7H_2O$	১৬১.৪৭০	১.৭
অ্যামোনিয়াম মলিবডেট	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	১১৬৩.৯০০	০.২
বরিক এসিড	H_3BO_3	৬১.৮৩০	৩.০
ম্যাঙ্গানিজ সালফেট	$MnSO_4.H_2O$	১৫১.০০১	৫.০
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট	$MgSO_4.\ 6H_2O$	১২০.৩৬৬	২২০.০
আয়রন ইডিটিএ	$C_{10}H_{13}FeN_2O_8$	৩৪৫.০৬৫	১৭.০

* কন্দ বের হওয়ার সময় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের পরিমাণ অর্ধেক করে দিতে হবে।

প্রস্তুত প্রণালী

স্টক সলিউশন 'এ' (ম্যাক্রো-নিউট্রিয়েন্ট)

ধাপ-১

একটি ২ লিটারের কাঁচের পাত্রে ৫০০ মি. লি. জীবাণুমুক্ত পানির মধ্যে ১৮০ গ্রাম ক্যালসিয়াম সুপার ফসফেট মর্টার ও পেস্টলের দ্বারা ভালভাবে মিশিয়ে ২৪ ঘণ্টা রেখে দিতে হবে। তারপর উপরের স্বচ্ছ দ্রবণ রেখে অদ্রবণীয় পদার্থ ফেলে দিতে হবে।

ধাপ-২

ম্যাগনেটিক স্টায়ারের উপর তিন লিটার জীবাণুমুক্ত পানিসহ একটি কাঁচের পাত্র স্থাপন করে প্রথমে ৩৫০ গ্রাম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট আস্তে আস্তে মেশাতে হবে। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মেশানো শেষ হলে ৫৫০ গ্রাম পটাশিয়াম নাইট্রেটও আস্তে আস্তে মেশাতে হবে।

অতপর, ধাপ-১ (ক্যালসিয়াম সুপার ফসফেটের দ্রবণ) ও ধাপ-২ (পটাশিয়াম নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট) এর দ্রবণ দুটি একসাথে মিশিয়ে মোট দ্রবণ জীবাণুমুক্ত পানিযোগে ৫ লিটার করতে হবে। এই দ্রবণই হলো স্টক সলিউশন 'এ'।

স্টক সলিউশন 'বি' (মাইক্রো-নিউট্রিয়েন্ট)

ধাপ-১

ম্যাগনেটিক স্টায়ারের উপর একটি কাঁচের পাত্রে ১০০০ মি. লি. জীবাণুমুক্ত পানির মধ্যে ১ গ্রাম কপার সালফেট, ১.৭ গ্রাম জিংক সালফেট, ০.২ গ্রাম অ্যামোনিয়াম মলিবডেট, ৩ গ্রাম বরিক এসিড ও ৫ গ্রাম ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ক্রমানুসারে একটির পর একটি ভালভাবে মেশাতে হবে।

ধাপ-২

ম্যাগনেটিক স্টায়ারের উপর অপর একটি কাঁচের পাত্রে ১০০০ মি. লি. জীবাণুমুক্ত পানির মধ্যে ২২০ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও ১৭ গ্রাম ফেরিক ইডিটিএ ক্রমানুসারে একটির পর একটি ভালভাবে আস্তে আস্তে মেশাতে হবে।

অতঃপর, ধাপ-১ এর ১০০০ মি. লি. দ্রবণ থেকে ৪০০ মি. লি. দ্রবণ এবং ধাপ-২ এর সমুদয় দ্রবণ একসাথে মিশিয়ে মোট দ্রবণ জীবাণুমুক্ত পানিযোগে ২ লিটার করতে হবে। এই দ্রবণই হলো স্টক সলিউশন 'বি'।

নিউট্রিয়েন্ট সলিউশন ট্যাংকিতে মেশানোর পদ্ধতি

প্রতি ১০০ লি. দ্রবণ তৈরি করতে স্টক সলিউশন 'এ' ৫০০ মি. লি. এবং স্টক সলিউশন 'বি' ২০০ মি. লি. লাগবে।

নিউট্রিয়েন্ট সলিউশন তৈরির বিকল্প পদ্ধতি

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বাংলাদেশে নিষিদ্ধ রাসায়নিক পদার্থ হওয়ায় এটি পাওয়া দুরূহ এবং দাম অনেক বেশি। তাই বিকল্প হিসেবে নিম্নের দ্রবণ ব্যবহার করা যেতে পারে। আমাদের পরীক্ষায় এর ভাল ফলাফল পাওয়া গেছে।

সারণী-৩: দশ (১০) লিটার স্টক সলিউশন তৈরির প্রয়োজনীয় কেমিক্যাল

ক্রমিক নং	কেমিক্যালের নাম	পরিমাণ (গ্রাম)
১.	ক্যালসিয়াম নাইট্রেট $\{Ca(NO_3)2{\cdot}4H_2O\}$	১১৮
২.	পটাশিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($KHSO_4$)	৬৮
৩.	পটাশিয়াম নাইট্রেট (KNO_3)	২৫২
৪.	ম্যাগনেশিয়াম সালফেট ($MgSO_4.\ 6H_2O$)	২৪৬
৫.	আয়রন ইডিটিএ ($C_{10}H_{12}FeN_2O_8$)	১১.৭
৬.	কপার সালফেট ($CuSO_4.5H_2O$)	০.১
৭.	জিংক সালফেট ($ZnSO_4.7H_2O$)	০.৩
৮.	অ্যামোনিয়াম মলিবডেট $\{(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O\}$	০.১
৯.	বরিক এসিড (H_3BO_3)	০.৭
১০.	ম্যাঙ্গানিজ সালফেট ($MnSO_4.H_2O$)	১.৫
আলুর টিউবারাইজেশন স্টেজে পটাশিয়াম নাইট্রেট এর পরিমাণ অর্ধেক করে দিতে হবে।		
প্রতি ১০০ লিটার দ্রবণ তৈরিতে ২ লিটার স্টক সলিউশন লাগবে।		

ইসি ও পিএইচ মিটারের কার্যপ্রণালী

ইলেকট্রিক্যাল কন্ডাকটিভিটি (ইসি) হলো একটি নিউট্রিয়েন্ট সলিউশনের সকল খাদ্যোপাদানের মোট ঘনত্ব যা একটি মিটার দিয়ে সহজে পরিমাপ করা যায়। একটি ঘন দ্রবনের ইসি অন্য একটি কম ঘন দ্রবণের তুলনায় বেশি হয়। সাধারণত ডেসিসিমেন্স/মি. (dS/m) অথবা মিলি সিমেন্স/সে.মি. (mS/cm) এককে ইসি পরিমাপ করা হয়। ইসির মান দ্রবনের মোট ঘনত্ব প্রকাশ করে, কিন্তু কোন নির্দিষ্ট খাদ্যোপাদানের পরিমাণ নির্দেশ করে না। ইসির মান বাড়ানোর জন্য রাসায়নিক দ্রবণ যোগ করতে হয়। সাধারণত এরোপনিক্স পদ্ধতিতে ব্যবহৃত দ্রবণের ইসি ১.৭৫-২.০০ dS/m মধ্যে থাকা ভাল। পিএইচ (pH) কোন দ্রবণের অম্লত্ব ও ক্ষারকত্ব প্রকাশ করে যা সহজে একটি ডিজিটাল

পিএইচ মিটার দিয়ে পরিমাপ করা যায়। বীজ আলু উৎপাদনে দ্রবণের পিএইচ ৬.৫-৬.৮ হওয়া ভাল। পিএইচ কমানোর প্রয়োজন পরলে দ্রবণে আস্তে আস্তে হাইড্রোক্লোরিক এসিড (৮০-৯০%) মিশিয়ে পিএইচ নির্ধারিত মাত্রায় আনতে হবে। অন্যদিকে পিএইচ বাড়ানোর প্রয়োজন পরলে দ্রবণে আস্তে আস্তে পটাশিয়াম হাইড্রোঅক্সাইড (৮০-৯০%) মিশিয়ে পিএইচ নির্ধারিত মাত্রায় আনতে হবে।

অনুকূল পরিবেশ

ক্যাম্পেনের (২০১২) মতে, এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদন অনেক কারণে প্রভাবিত হতে পারে, এমনকি আলুর শিকড়ে বসবাসরত ব্যাকটেরিয়াও। মূলতঃ পরিবেশগত কারণ ও খাদ্যোপাদান এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদন নিয়ন্ত্রণ করে।

- পরিবেশগত কারণের মধ্যে তাপমাত্রা অন্যতম প্রধান কারণ। দিনের তাপমাত্রা ১৮-২০° সে ও রাতের তাপমাত্রা ১৪-১৫° সে আলুর কন্দ তৈরির জন্য সবচেয়ে উপযোগী। দিনের তাপমাত্রা ১৫° সে. এর নিচে নামলে কন্দ তৈরি এক সপ্তাহ বিলম্বিত হয়। আর তাপমাত্রা ২৫° সে. এর বেশি হলে কন্দ উৎপাদন বিলম্বিত হয় তিন সপ্তাহ।
- স্বল্প দিবা দৈর্ঘ্য ও ঠাণ্ডা রাতের তাপমাত্রা আলুর কন্দ উৎপাদন ত্বরান্বিত করে। অন্যদিকে দীর্ঘ দিবা দৈর্ঘ্য, উচ্চ রাতের তাপমাত্রা এবং উচ্চ নাইট্রোজেন সার আলুর কন্দ উৎপাদন বিলম্বিত করে।
- আলুর কন্দ তৈরিতে প্রকৃত অন্ধকার খুবই গুরুত্বপূর্ণ কারণ সামান্য আলোর প্রভাবে তৈরি হওয়া স্টোলন নতুন কাণ্ডে রূপান্তরিত হতে পারে। তাই এরোপনিক্স এর পুরো প্লাটফর্মটি কালো পলিথিন দিয়ে ঢেকে দিতে হবে।
- আলুর স্টোলনে কন্দ তৈরি, সাইটোকাইনিনের উপস্থিতিতে ত্বরান্বিত হয়। জিবারেলিক এসিড (GA_3) ও ইথিলিন আলুর কন্দ তৈরি নিরুৎসাহিত করে।
- এ পদ্ধতিতে, প্রতি ২০ মিনিট পর পর ১০ সেকেন্ড খাদ্যোপাদান মিশ্রিত দ্রবণ স্প্রে করতে হবে। খাদ্যোপাদান মিশ্রিত দ্রবণের ইসি কোন ক্রমেই ২ ডেসি সিমেন্স/মি. এর বেশি হতে পারবে না এবং পিএইচ হতে হবে ৬.৫-৬.৮, কোন ভাবেই তা ৭.৩ এর বেশি হতে পারবে না।
- খাদ্যোপাদান মিশ্রিত দ্রবণ প্রতি এক মাস পর পর পরিবর্তন করতে হবে।
- সমগ্র উৎপাদন মৌসুমে আপেক্ষিক আর্দ্রতা ৫৫-৬০% বজায় রাখতে হবে।
- পরীক্ষা শুরু হওয়ার আগে সমস্ত এরোপনিক্স পদ্ধতি সংলগ্ন এলাকা ক্লোরক্স (১০%) ব্যবহার করে জীবাণুমুক্ত করতে হবে এবং উৎপাদন মৌসুম পুরোটাই পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন রাখতে হবে।

স্টোলন প্রুনিং

প্লান্টলেট প্লাটফর্মে লাগানোর ৮০-৯০ দিন পর স্টোলন প্রুনিং করে দিলে আলুর কন্দ উৎপাদন বৃদ্ধি পায় যা প্লেট ৬(ক-খ) চিত্রায়িত করা হয়েছে।

ক. প্রুনিং এর পূর্বে *খ. প্রুনিং এর পরে*

প্লেট ৬(ক-খ) ঃ কন্দ উৎপাদনের উপর স্টোলন প্রুনিং এর প্রভাব

আন্তঃপরিচর্যা

প্লান্টলেট ও টপ স্যুট কাটিং এরোপনিক্স প্লাটফর্মে স্থাপনের পর সঠিক বৃদ্ধির জন্য কতগুলো কার্যক্রম ধারাবাহিকভাবে পরিচালনা করতে হয়। রোপণের পর পরই প্লান্টলেট ও কাটিংগুলো সুস্থ ও সবল রাখার জন্য সাধারণ পানি স্প্রে করতে হয়। কক্ষের তাপমাত্রা, আর্দ্রতা ও আলোর মাত্রা প্রতিদিন পর্যবেক্ষণ করতে হয়। গাছের সঠিক বৃদ্ধির জন্য প্রতিটি গাছকে সুন্দরভাবে খুঁটি দিয়ে আটকে দিতে হয়। প্রতিবার কন্দ সংগ্রহের পর প্রতিটি গাছের গোড়া অল্প পরিমাণ নিচের দিকে নামিয়ে দিতে হয়। এতে করে নতুন স্টোলন উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। প্রতি মাসে একবার ইলাইজা টেস্টের মাধ্যমে ভাইরাস রোগের উপস্থিতি পর্যবেক্ষণ করতে হয়। ভাইরাস রোগের বাহক জাবপোকা ও অন্যান্য পোকা দমনের জন্য ১৫ দিন পর পর কীটনাশক 'এডমায়ার' প্রতি লিটার পানিতে ০.৫ মি. লি. হারে ভালোভাবে মিশিয়ে স্প্রে করা প্রয়োজন। পুরো উৎপাদন মৌসুমে এরোপনিক্স কক্ষ পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন রাখা বাঞ্চনীয়।

বীজ আলু (মিনি-টিউবার) সংগ্রহ ও কিউরিং

বীজ আলু বা মিনি-টিউবার সংগ্রহ, এই পদ্ধতির আর একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। মিনি-টিউবার কখন ও কতদিন পর পর চয়ন করা হবে তার উপর ফলন বহুলাংশে নির্ভর করে। ৫-১০ গ্রাম ওজনের মিনি-টিউবার ৭-১০ দিন পর চয়ন করতে হয়। এতে কন্দের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। প্লান্টলেট ও কাটিং লাগানোর ৩৫-৪০ দিন পর কন্দ ধরা শুরু হয়। জাতভেদে কন্দ ধরার সময় পরিবর্তিত হতে পারে। মিনি-টিউবার সংগ্রহের পর সেগুলো জীবাণুমুক্ত ও শুষ্ক বালির নিচে দুই সপ্তাহ রেখে কিউরিং করে তারপর হিমাগারে সংরক্ষণ করতে হয়। এতে মিনি-টিউবারের চামড়া শক্ত হয় ও সংরক্ষণ সক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

ক. সংগৃহীত বীজ আলু (মিনি-টিউবার) *খ. কিউরিং করার পদ্ধতি*

প্লেট ৭(ক-খ) ঃ সংগৃহীত বীজ আলু (মিনি-টিউবার) ও কিউরিং করার পদ্ধতি

কি কি ফসল চাষ করা যাবে?

আলু, মিষ্টি আলু, সকল ধরনের পাতা জাতীয় সবজি, শশা, টমেটো, বেগুন, মরিচ, স্ট্রবেরী ইত্যাদি।

অর্থনৈতিক বিশ্লেষণ (গ্রীন হাইজের খরচ ব্যাতীরেকে)

৪.৫ × ১.৫ × ১.২ ঘ.মি. আয়তনের একটি এরোপনিক্স স্ট্রাকচার থেকে এক মৌসুমে ১৮ কেজি বীজ আলু উৎপাদিত হয়েছে। প্রতি কেজি বীজ আলুর দাম ৩,০০০ টাকা হলে মোট মূল্য = ৫৪,০০০/-, কেমিক্যাল খরচ = ৬,৪০০/-, শ্রমিক খরচ = ২৫,০০০/- অন্যান্য = ৫,০০০/=, মোট খরচ = ৩৬,৪০০/-, নিট লাভ = ১৭,৬০০/-

প্রযুক্তি ব্যবহারকারী

বীজ আলু উৎপাদন ও ব্যবসার সাথে জড়িত সংস্থা বা প্রতিষ্ঠানসমূহই মূলতঃ এই প্রযুক্তি ব্যবহার করে স্বল্প সময়ে অধিক পরিমাণ মানসম্পন্ন বীজ আলু উৎপাদনের মাধ্যমে লাভবান হতে পারে ও দেশের প্রান্তিক কৃষকদের মাঝে এই মানসম্পন্ন বীজ আলু সরবরাহ করে সার্বিক উৎপাদন বৃদ্ধিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করতে পারে।

বাংলাদেশে এরোপনিক্স পদ্ধতির সাফল্য

বাংলাদেশে বছরব্যাপী এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মানসম্পন্ন মিনি-টিউবার উৎপাদন

এরোপনিক্স পদ্ধতি বাংলাদেশে উদ্ভিদ জন্মানোর একটি নতুন প্রযুক্তি। গত ২০১৭-১৮ মৌসুমে কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই এর গ্রীন হাউজে পাঁচটি আলুর জাতের মানসম্পন্ন মিনি-টিউবার উৎপাদনের উপর একটি পরীক্ষা স্থাপন করা হয়েছিল। পরীক্ষাটি সফলভাবে সম্পন্ন করা সম্ভব হয়েছিল এবং ফলাফল ছিল অত্যন্ত আর্কষণীয় যা নিম্নে প্লেট ৮(ক-ছ) এর মাধ্যমে চিত্রায়িত হলো।

ক. এরোপনিক্স পদ্ধতি

খ. সমস্ত পদ্ধতির চিত্র

গ. বারি আলু-৩৭

ঘ. বারি আলু-৪৬

ঙ. বারি আলু-৫৩

চ. বারি আলু-৬২

ছ. বারি আলু-৬৩

প্লেট ৮(ক-ছ) ঃ কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই বছরব্যাপী এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মানসম্পন্ন মিনি-টিউবার উৎপাদন

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদনে গাছের বৃদ্ধি ও ফলনের উপর আলুর জাতের প্রভাব

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদনে আলুর জাতের গুরুত্বপূর্ণ প্রভাব রয়েছে। এরোপনিক্স এর ৪.৫ × ১.৫ × ১.২ ঘন মিটারের একটি স্ট্রাকচারে ৫ মাসে সর্বমোট ৪৭১০টি মিনি-টিউবার উৎপাদিত হয়েছে যার ওজন ছিল ১৮ কেজি। গাছের গড় উচ্চতা, গাছ প্রতি স্টোলনের গড় সংখ্যা, গাছ প্রতি কন্দের গড় সংখ্যা, গাছ প্রতি আলুর গড় ওজন এবং প্রতিটি কন্দের একক গড় ওজন ছিল যথাক্রমে ২৭৩ সে.মি., ৮.৬৯টি, ৩২.০৪টি, ১১৮.৯৭ গ্রাম এবং ৩.৭১ গ্রাম। গাছের গড় উচ্চতা, গাছ প্রতি স্টোলনের গড় সংখ্যা, গাছ প্রতি কন্দের গড় সংখ্যা সর্বোচ্চ পাওয়া গেছে বারি আলু-৫৩ এ। অন্যদিকে, গাছ প্রতি আলুর গড় ওজন ও প্রতিটি কন্দের একক গড় ওজন সর্বোচ্চ পাওয়া গেছে বারি আলু-৪৬ এ। বারি আলু-৪৬ এ গাছ প্রতি কন্দের সংখ্যার ব্যাপ্তি ছিল ১-১২৫টি এবং বারি আলু-৫৩ এ যা ছিল ১-১১২টি। গাছ প্রতি কন্দের সংখ্যা ও গাছ প্রতি আলুর ওজন সর্বোচ্চ ছিল বারি আলু-৪৬ এ যা যথাক্রমে ১২৫টি ও ৫৬৯ গ্রাম। সংগৃহীত উপাত্তগুলো নিম্নের সারণী- ৪ এ দেখানো হলো।

সারণী-৪. এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদনে গাছের বৃদ্ধি ও ফলনের উপর আলুর জাতের প্রভাব

প্যারামিটার	বারি আলু-৪৬	বারি আলু-৫৩	গড়
গাছের উচ্চতা (সে.মি.)	২৫৮.৭২	২৮৪.৮২	২৭১.৩
গাছ প্রতি স্টোলনের সংখ্যা	৭.৫৬	৯.৯৭	৮.৬৯
গাছ প্রতি আলুর সংখ্যা	২৮.৪১	৩৫.৯৩	৩২.০৪
গাছ প্রতি আলুর ওজন (গ্রাম)	১৫৮.২১	৭৬.৯৭	১১৮.৯৭
প্রতি আলুর ওজন (গ্রাম)	৬.০৮	২.১৮	৩.৭১
গাছ প্রতি আলুর সংখ্যার ব্যাপ্তি	১-১২৫	১-১১২	০
গাছ প্রতি আলুর ওজনের (গ্রাম) ব্যাপ্তি	৫-৫৬৯	৬-৩৪০	০
মোট আলুর সংখ্যা	৪,৭১০		
মোট আলুর ওজন (কেজি)	১৮		

এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদনে গাছের বৃদ্ধি ও ফলনের উপর প্লান্টিং ম্যাটেরিয়ালের প্রভাব

গাছ প্রতি আলুর ওজন ও প্রতিটি আলুর ওজন এর উপর প্লান্টিং ম্যাটেরিয়ালের দৃশ্যমান প্রভাব দেখা গেছে। কিন্তু অন্য প্যারামিটারগুলোতে কোন প্রভাব পরিলক্ষিত হয়নি। গাছ কন্দের সর্বোচ্চ সংখ্যা ও ওজন যথাক্রমে ১২৫টি ও ৫৬৯ গ্রাম পাওয়া গেছে প্লান্টলেটে। তবে গাছ প্রতি আলুর সর্বোচ্চ গড় ওজন ছিল টপস্যুট কাটিং এ যা নিম্নের সারণী-৫ এ দেখানো হয়েছে।

সারণী-৫. এরোপনিক্স পদ্ধতিতে মিনি-টিউবার উৎপাদনে গাছের বৃদ্ধি ও ফলনের উপর প্লান্টিং ম্যাটেরিয়ালের প্রভাব

প্যারামিটার	টপস্যুট কাটিং	প্লান্টলেট
গাছের উচ্চতা (সে.মি.)	**২৫৯.০৮**	**২৭৬.০৭**
গাছ প্রতি স্টোলনের সংখ্যা	৮.৫৮	৮.৭৫
গাছ প্রতি আলুর সংখ্যা	৩২.১৮	৩২.০৩
গাছ প্রতি আলুর ওজন (গ্রাম)	**১৪১.৮৫**	**১০৯.৯৭**
প্রতি আলুর ওজন (গ্রাম)	**৫.৪৩**	**৩.৭২**
গাছ প্রতি আলুর সংখ্যার ব্যাপ্তি	২-৭৩	১-১২৫
গাছ প্রতি আলুর ওজনের (গ্রাম) ব্যাপ্তি	৬-৪৮৪	৫-৫৬৯

ভবিষ্যৎ গবেষণার ক্ষেত্রসমূহ

- অল্প খরচে খাদ্যোপাদানের দ্রবণ তৈরির জন্য স্বল্প মূল্যের রাসায়নিক উপাদানের অনুসন্ধান নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- আলু গাছের বৃদ্ধি, কন্দ বের হওয়া ও সংখ্যা বৃদ্ধিতে বিভিন্ন ধরনের হরমোনের প্রভাব নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- উৎপাদন খরচ কমানোর জন্য অল্প খরচে মানসম্পন্ন চারা তৈরির উপর গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- আলু গাছের দৈহিক বৃদ্ধি, রোগ দমন ও ফলন এর উপর বায়ো-এজেন্টের প্রভাব নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- আলুসহ অন্যান্য শস্যের দৈহিক বৃদ্ধি ও ফলনে পরিবেশগত উপাদানের প্রভাব নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- উলম্ব কৃষিতে এই পদ্ধতির ব্যবহার নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- সংকরায়ণে এই পদ্ধতির ব্যবহার নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- এরোপনিক্স পদ্ধতিটির বানিজ্যিকীকরণের জন্যে স্বল্প মূল্যে প্লাটফর্ম তৈরি নিয়ে গবেষণা কার্যক্রম পরিচালনা করতে হবে।
- কন্দাল ফসল গবেষণা কেন্দ্র, বিএআরআই-এ এরোপনিক্স পদ্ধতি সম্বলিত একটি প্লান্ট ফ্যাক্টরি তৈরির পরিকল্পনা করা।

উপসংহার

মানসম্পন্ন বীজ আলুর অপ্রতুলতা এবং উচ্চ ফলনশীল ও নানাবিধ গুণ সমৃদ্ধ উদ্ভাবিত নতুন নতুন আলুর জাতসমূহ আলু চাষীদের মাঝে দ্রুত সম্প্রসারণ করা বাংলাদেশের আলু উৎপাদনের অন্যতম প্রধান সমস্যা। এ সমস্যা দূরীকরণে এরোপনিক্স অত্যন্ত কার্যকরী ভূমিকা পালন করতে পারে। ইতোমধ্যে যে সকল বেসরকারি সংস্থা টিস্যু কালচার পদ্ধতি ব্যবহার করে বীজ উৎপাদন করছে তারা এ পদ্ধতি প্রবর্তন করে ব্যবসা সফল হতে পারে। আলু শিল্পে এরোপনিক্স প্রযুক্তি ব্যবহারের মাধ্যমে স্বল্প সময়ে অধিক পরিমাণ মানসম্পন্ন বীজ আলু উৎপাদনের মাধ্যমে দেশের খাদ্য ও পুষ্টি নিরাপত্তা নিশ্চিতকরণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করতে পারে।

Quality Seed Potato (Mini-tuber) Production Using Aeroponics System in Bangladesh

Tuber Crops Research Centre
Bangladesh Agricultural Research Institute
Joydebpur, Gazipur-1701

Introduction

Potato is a very important food crop throughout the world. It is generally used as a vegetable in Asia, including Bangladesh. But in most of the temperate countries it is used as main food crop. Potato has become an important crop in Bangladesh during the last few decades due to its high yield potential, short life span and high nutritive value. Considering food and nutritional safety of the ever increasing population of Bangladesh, potato is the only alternative crop to rice. Recently, potato production and marketing has become increasingly commercialized. Due to this dramatic increase in production, many employment and business opportunities have been created and the profits through export have greatly increased. Therefore, as a whole, potatoes have a huge contribution to the national economy (Jalil Bhuyan and Saha, 2017).

In the 2016-17 fiscal year, 102 lakh metric tons of potatoes were produced from 4.99 lakh hectare of land with an average yield of 20 t/ha, while the country's demand was 70-80 lakh metric tons (BBS, 2018). The Tuber Crops Research Centre (TCRC) under Bangladesh Agricultural Research Institute (BARI) has developed 79 potato varieties, many of which have the yield potential of 40 t/ha or more. The average yield could easily be increased from 20 to 30 t/ha by using quality seeds, high yielding varieties and by following modern cultivation procedure. If the national production is kept at a constant of 100 lakh metric tons and the average yield is increased to 30 t/ha, about two lakh hectares of land can be freed from potato cultivation. This land could instead be used for the cultivation of other high value crops, leading to increase in national production as well as ensuring food and nutritional security.

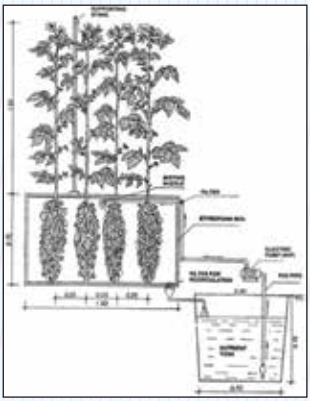
The availability of good quality and disease free seed potatoes is the key constraint for potato cultivation in Bangladesh. Currently, the country's quality seed potato requirement is about 8-10 lakh metric tons, but only 10-12% quality seed potatoes can be provided by both government and non-government organizations

and by private companies. Modern and biotechnological approaches are the best option for the production of quality and disease free seeds. Advanced seed production systems, including tissue culture, can play significant role in reducing our dependency on imported seed potatoes and faster dissemination of newly released varieties among the growers. A number of public (BARI, BADC and RDA) and private sector organizations have already started producing seed potatoes using tissue culture technology, but are unable to produce sufficient quantities of quality TC-based seed potatoes to meet the current requirement. Generally, virus disease free tissue cultured plantlets are planted in net house beds for the production of mini-tubers. But the number of tubers per plant and yield of mini-tubers per unit area are low. In addition, soil-borne disease infection remains as a threat. In order to minimize these problems, the adoptions of advanced techniques are of paramount importance. Aeroponics is one such technique, where plants are grown in a closed or semi-closed environment, and the roots are sprayed with a nutrient rich solution. Ideally, the environment is kept free from pests and diseases, so that the plants may grow healthier and quicker than plants grown under net-house conditions in soil medium (Otazu and Chuquillanqui 2007). Aeroponics techniques optimize root aeration which is the major factor leading to a yield increase of many crops compared to classical hydroponic systems (Soffer and Burger, 1988). Harvesting in Aeroponics is convenient, clean, and allows a greater size control by sequential harvesting (Ritter *et al.,* 2001) and use of vertical space in production system. In many places around the world, including CIP-Peru, India and Sri Lanka, Aeroponics technology is already in use for successful production of quality mini-tubers of potato. In 2017-18, TCRC-BARI adopted Aeroponics with some modifications, and has successfully produced an appreciable quantity of mini-tubers of five potato varieties using the technology. It was the first effort of using Aeroponics for the production of potato mini-tubers in Bangladesh. The main objectives of the present study are to evaluate the performance of modified Aeroponics technique and to commercialize the technology at producers' level. The first

objective has already been achieved, and efforts towards commercialization of the technology are in progress. For commercializing this technology, a booklet has been prepared in a simple Bangla and English language for easy understanding of interested readers and entrepreneurs.

Principles of Aeroponics

Aeroponics is "a system where roots are grown continuously or discontinuously in an environment saturated with fine drops of nutrient solution (as mist or aerosol)" (Nugali *et al*., 2005). The basic principle of Aeroponics is to grow plants in a closed or semi-closed environment by spraying the plant roots with a nutrient rich solution. Ideally, the environment is kept free from pests and diseases, so that the plants may grow healthier and quicker than plants grown in a soil medium. Necessary equipment are, a platform, nutrient solution, a nutrient tank, an automatic nutrient misting device and an uninterrupted electricity supply.



Aeroponics system (Otazu, 2010)

Advantages of Aeroponics system over net-house production system

- Quality seed potatoes can be produced (Otazu, 2007).
- Ten times higher yield of mini-tubers than in net-house system (Otazu, 2007).
- 2-3 cycles can be grown per year.
- Higher nutrient and water use efficiency than net-house system (Mbiya *et al.,* 2012).
- Uniform and desired seed size can be achieved through continuous harvesting (Mbiya *et al.,* 2012).

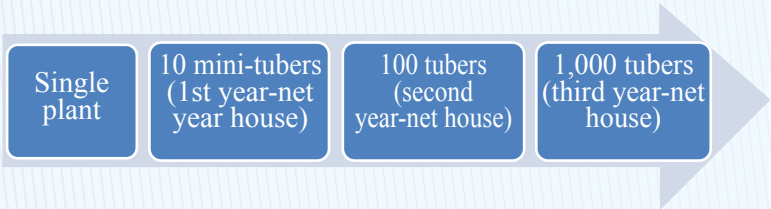
- Bio-agents can be easily applied for growth promotion and disease control (Mbiya *et al.,* 2012)
- Can be used for stress tolerance research
- Useful for vertical agriculture
- Can be applied for safe food production
- Safe from natural hazards/ disasters

Disadvantage of Aeroponics

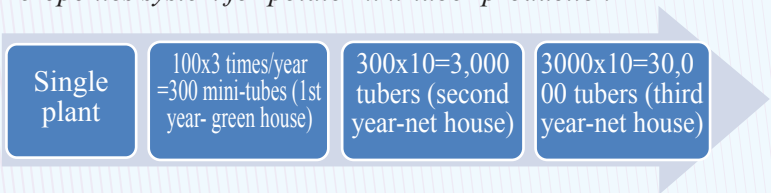
- Uninterrupted electricity supply is required
- Controlled environment (like green houses) is required for year round production
- Initial investment is high
- Skilled manpower is needed

Traditional vs. Aeroponics mini-tuber production scenario

Traditional net house method for potato mini-tuber production



Aeroponics system for potato mini-tuber production



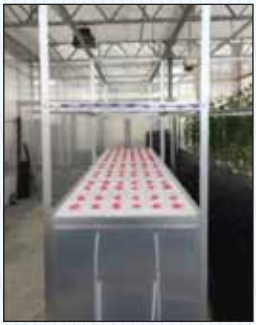
Result: Number of mini-tubers increases 30 folds per year and seed production cycle reduced 3-4 times. As a whole, farmers will get 3-4 generation seeds instead of 6-7 generation seeds. Lower generations' seed means high quality and fewer viruses and other diseases infection.

Table 1. Comparison between Aeroponics and traditional mini-tuber production systems of potato

Sl. No.	Item	Traditional system (Net house)	Aeroponics system (Green house)
01	Minituber production	Average 10 minitubers/plant	Average 100 minitubers/plant
02	Growing season/year	Only one (Winter production)	Three (year round production)
03	Disease	Virus disease free	Virus and soil - borne disease free
04	Seed Quality	Good	Excellent
05	Seed to seed production at field	Normal	As normal as traditional system
06	Water and nutrient use efficiency	Lower	Higher
07	Tuber size control	Not possible	Possible

Method for preparation of Aeroponics structure

Following CIP guidelines, a modified 4.5 × 1.5 × 1.2 m^3 Aeroponics structure was prepared using local inputs, namely, combination of aluminium and stainless steel and black polythene Plate 1(a-f). The total cost for making the structure, including 1 nutrient tank, 1 HP motor and an automatic misting system was about BDT 4 lakh.



a. Aeroponics structure (4.5 × 1.5 × 1.2 m³)

b. Top view of Aeroponics structure

c. Misting system

d. Automatic misting control device

e. Motor 1 HP

f. Nutrient tank (300 L)

Plate 1(a-f). Aeroponics structure with automatic misting device, motor and nutrient tank.

Seedlings production techniques for Aeroponics

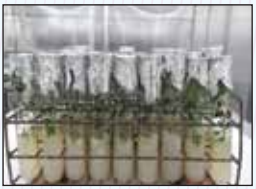
TC-based virus-free potato plantlet production for Aeroponics

The initial potato planting material for Aeroponics should be free from virus diseases. The conventional TC-technology is used for this purpose. The steps of tissue culture method are presented in Plate 2 (a-f).

a. Potato sprout

b. Meristem with leaf primordia

c. Explant into media



d. Plantlet in Test Tube *e. Sub-culture of plantlet* *f. More plantlet production*

Plate 2(a-f). Production of potato plantlets using TC-technology

Plantlet hardening and use other methods for increased production of potato seedling

Plantlets hardening and placement on Aeroponics structure

The virus free plantlets were collected from TC-lab, TCRC. The media attached with plantlets was removed, and the plantlets were treated with fungicide solution (Dithane M-45 @ 0.2%). The fungicide treated plantlets were then planted in a tray containing sterile sand, and kept for two weeks for proper root growth. Rooted plantlets were then transferred to the Aeroponics structure Plate, 3(a-d).

a. Plantlet in Test Tube *b. Media removed from plantlet* *c. Hardening of plantlet* *d. Plantlet placed on structure*

Plate 3(a-d). Hardening of tissue culture plantlet and placement on Aeroponics structure

Preparation of top shoot cuttings and placement on Aeroponics structure

The virus free well rooted and hardened plantlets were planted into pots containing sterile sand, coco dust and decomposed organic matter mixture (1:1:1). After two weeks, the top of the growing

potato plants were cut off for producing more shoots from a single plant. Within a month, 20-30 top shoot cuttings can be harvested per plantlet. The prepared shoot cuttings were treated with hormone (Rooton/IBA) for better root development. Then the treated cuttings were planted in a tray containing sterile sand and kept two weeks for proper root formation. After two weeks, the rooted top shoot cuttings were washed with distilled water and treated with fungicides (Dithane M-45 @ 0.2%). The plants from top shoot cuttings were then placed on the Aeroponics structure Plate, 4(a-f).

a. Plantlet in Test Tubes *b. Hardening* *c. Plantlet grown in pots*

d. Top shoot cuttings *e. Rooted cuttings from top shoot* *f. Placement of rooted cuttings*

Plate 4(a-f). Preparation of top shoot cuttings and placement on Aeroponics structure

Preparation of stolon cuttings and placement on Aeroponics structure

Stolon cutting is new and very cost-effective technique for seedling production of potato. Potato plants on Aeroponics structure produced hudge number of stolons after 45-55 days after transplanting. The stolons need to be pruned for better tuberization. The unwanted pruned stolons can be used for quality and disease free plant production. A long stolon is cut into small pieces (4-5 nodes) with a sharp and sterilized knife. The cut stolons are then put into a solution of rooting hormone (Rooton), and kept for 4-5

minutes. The cuttings are then placed on tissue paper for 30 minutes, in a dry and cool environment, for proper drying. Then two-third part of the stolon cutting is placed under sterilized sand. The remaining one-third part (single node with top of stolon cutting) remains above ground, Plate 5(a-d). The planted stolon cuttings need to be watered properly. Within 14 days, stolon cuttings produce enough roots, and are ready for use in Aeroponics.

a. Stolon cutting | *b. Stolon cuttings placed into sand tray* | *c. Produced rooted cuttings* | *d. Rooted cuttings transfer on structure*

Plate 5(a-d). Preparation of stolon cuttings and then placement on Aeroponics structure

Preparation of nutrient solution

Success of Aeroponics mostly depends on preparation and application of nutrient solution. The stages in preparation of nutrient solution are as follows:

Apparatus required for nutrient solution preparation:

- Normal balance
- Electric balance
- Funnel
- Tea spoon
- Marker
- Plastic bag
- Measuring flask (500, 1000, 2000, and 3000 ml)
- Glass beaker
- Stirrer machine
- Mortar and pestle
- Plastic containers- 4 (5 and 10 litre)
- p^H meter
- EC meter

Chemicals required for preparation of stock solutions

The chemicals required for the preparation of stock solutions are presented in Table 1.

Table 2. Chemicals required for the preparation of stock solutions.

Name of chemicals	Chemical formula	Molecular weight (g/mol)	Amount of chemical (g)
Stock solution A (for 5 Litre)			
Calcium Super Phosphate	$CaH_4P_2O_8$	234.05	180.0
Ammonium Nitrate*	NH_4NO_3	80.043	350.0
Potassium Nitrate	KNO_3	101.103	550.0
Stock solution B (for 2 Litre)			
Copper Sulphate	$CuSO_4.5H_2O$	159.609	1.0
Zinc Sulphate	$ZnSO_4.7H_2O$	161.470	1.7
Ammonium Molybdate	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	1163.900	0.2
Boric Acid	H_3BO_3	61.830	3.0
Manganese Sulphate	$MnSO_4.H_2O$	151.001	5.0
Magnesium Sulphate	$MgSO_4.\ 6H_2O$	120.366	220.0
Iron EDTA	$C_{10}H_{13}FeN_2O_8$	345.065	17.0

* To be halved in concentration when tuberization initiates (around two month of per transplant)

Preparation procedure

Concentrated stock solutions are prepared for macronutrients (solution A) and for micronutrients (Solution B). They are kept in separate bottles until final solution is made.

Stock solution A

- In a plastic container, Calcium Super Phosphate in enough water (500ml), for 24 hrs.

- With a pestle and mortar, crush all granules until most of it dissolved. Discard insoluble inert material.
- In a separate container add 550g of potassium nitrate to 3L of water. It should dissolve rapidly.
- To the same container add 350g of ammonium nitrate and dissolve it.
- Mix together the solutions from both the containers and adjust the final volume 5L. Keep the solution in an opaque plastic bottle as solution A.

Stock solution B

- Prepare micronutrients in 1L of distilled water. In about 300ml of water add the following components: 1.0g of Cu sulphate, 1.7g of Zn sulphate, 0.2g of NH_4 molybdate, 3g of boric acid and 5.0g of Mn sulphate (in that order). Make up the final volume to 1L with distilled water. Keep this solution in a clean bottle.
- In 1L of water dissolve 220g of Mg sulphate.
- To this solution add 400ml of micronutrient solution and mix well.
- Add 17g of Fe-EDTA quelate (6% Fe).
- Add enough distilled water to make the final volume to 2L. This is solution B.

Final Preparation

Before mixing both solutions, shake both bottles well. For the final concentration mix 5 ml of solution A with 2ml of solution B for every L of nutrient solution. For 100L of nutrient solution we should mix 500ml of solution A with 200ml of solution B, and so on.

Alternative method for nutrient solution preparation

Ammonium Nitrate is not allowed to sell in Bangladesh and it is also so costly. For this reason, the following chemicals can be used for alternative nutrient solution preparation for seed potato production by Aeroponics:

Table 3. Chemicals required for the preparation of 10 L stock solution

Sl. No.	Name of Chemicals	Required Amount (g)
01.	Calcium Nitrate $\{Ca(NO_3)2{\cdot}4H_2O\}$	118
02.	Potassium Hydrogen Sulphate ($KHSO_4$)	68
03.	Potassium Nitrate (KNO_3)	252
04.	Magnesium Sulphate ($MgSO_4.6H_2O$)	246
05.	Iron EDTA ($C_{10}H_{12}FeN_2O_8$)	11.7
06.	Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	0.1
07.	Zinc Sulphate ($ZnSO_4.7H_2O$)	0.3
08.	Ammonium Molebdate $\{(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O\}$	0.1
09.	Boric Acid (H_3BO_3)	0.7
10.	Manganese Sulphate ($MnSO_4.H2O$)	1.5
Half dose of KNO_3 should be used at tuberization stage		
Two L stock solution is required for preparing 100 L of nutrient solution		

Use and function of EC and pH meter

Electrical conductivity is a measure of materials' ability to allow the transport of an electric charge. In another way, it is expressed as total density of nutrients into a nutrient solution which can be easily measured by a meter named EC meter. EC of the high density solution is higher than low density solution. Unit of EC is generally expressed by dS/m or mS/cm. Value of EC can determine the total density of a solution but cannot determine the

amount of a particular nutrient present in a solution. Value of EC can be increased by adding of chemicals into a solution. Generally, EC of Aeroponics solution ranged 1.75-2.00 dS/m. Acidity or alkalinity of a solution is measured by pH which can be easily determined by a digital pH meter. Good pH range of Aeroponics solution is 6.5-6.8. pH can be increased or decreased by adding some chemicals. Generally, potassium hydroxide (80-90%) can be used for increasing pH and hydrochloric acid (80-90%) for decreasing pH of a solution.

Favourable environment

Aeroponics is affected by various factors even bacteria that live in roots of plants. Environmental factors and the nutrient solution are the major factors that affect mini-tuber production.

- Among the environmental factors, temperature is the most important one. For tuberization, optimum day temperature is 18-20°C and night temperature is 14-15°C. If day temperature go below 15°C, tuberization is delayed one week. On the other hand, tuberization can be delayed up to three weeks if temperature rises more than 25°C.
- Shorter day lengths and cool night temperature promote the tuberization of potatoes. Longer day lengths with high night temperature and high nitrogen fertilization inhibit or delay the tuberization process of potato.
- Darkness is essential for the tuber formation on stolon. The whole lower part of the Aeroponics structure needs to be covered by black polythene for maintaining darkness otherwise the stolon of potato turns into stem with the presence of even the smallest amount of light.
- Tuber formation on stolon is enhanced by the presence of cytokinin. Conversely, presence of GA_3 and ethylene inhibits the tuber initiation on stolon.
- Nutrient solution spray procedure is another important factor. The nutrient solution should be sprayed at an interval of 20 minutes with spray durations of 10 seconds.

- Other factors like the pH of the nutrient solution should be maintained in between 6.5-6.8, not exceeding 7.3; EC should not exceed 2 dS/m.
- Every month, the nutrient solution should be changed.
- Then relative humidity should be maintained in between 55-60% throughout the growing period.
- The experimental room always needs to be kept clean and restricted. Every week, the experimental site should be disinfected with a 10% Clorox solution.

Stolon pruning

After 80-90 days of planting, stolon's can be pruned to enhance the tuber formation on the stolon. The results obtained during 2017-18 were promising Plate 6(a-b).

a. Before pruning *b. After pruning*

Plate 6(a-b): Effect of stolon pruning on tuber formation

Intercultural operations

- After the placement of plantlets or cuttings on Aeroponics platform, some steps need to be taken for the proper growth of the potato plants.
- Just after planting, plants should be sprayed with fresh water, regularly, in order to keep the plants healthy and fresh.
- Temperature, humidity and light intensity should be monitored every day.

- Stalking should be done after one month to prevent lodging. The plants also need to be manually pulled down after each harvest, to increase the formation of new stolons with tubers.
- ELISA test should be done every month to monitor virus diseases.
- Insect pests should be controlled using scheduled spray of insecticides (Admire @ 0.5 ml/litre of water) at an interval of 15 days.
- The environment must be kept clean and well maintained.

Mini-tuber harvesting and curing

Seed potato or mini-tuber harvesting is another important task in Aeroponics. Harvesting time and interval have significant influence on Aeroponics seed potato production. Five to ten grams of mini-tubers need to be harvested at an interval of 7-10 days. Frequent harvesting has positive impacts on tuber formation. Tuber initiation generally starts at 35-40 days after planting. After each harvest, all mini-tubers are kept into sterile and dry sand for 2 weeks for proper curing, Plate 7(a-b). Curing hardens the skin of harvested mini-tubers and increases their storability. The mini-tubers need to be stored in cold storage.

a. Harvested mini-tubers *b. Method of curing*

Plate 7(a-b): Harvested mini-tubers and method of curing

What crops can be grown using Aeroponics?

Potato, leafy Vegetables, Cucumber, Tomato, Brinjal, Chili, Strawberry,etc.

Cost and profit analysis (Except green house cost)

In total 18 kg mini-tubers were obtained from the 4.5 x 1.5 x 1.2m^3 Aeroponics structure. The price of one kilogram mini-tubers was considered to be BDT 3,000. The total income = 18 x 3,000= BDT 54,000. The chemical cost= BDT 6400, labour cost = BDT 25,000, other costs= BDT 5,000. The total production cost was BDT 36,400; and the net profit for a season per 8.1 m^3 = BDT 17,600.

Beneficiaries or users

Seed potato producers, producing organizations and entrepreneurs will be benefited from its high productivity, year round production and the quality. Reduction of the seed cycle is another important issue that can also be resolved by adopting this technology. Growers are also benefitted by using good quality seeds.

Success of Aeroponics systems in Bangladesh

Findings of the present study indicate the possibility of year round production of quality potato mini-tubers in Bangladesh using Aeroponics technology.

Aeroponics technique is a new approach in Bangladesh for culturing plants in controlled environment. In 2017-18 cropping season, an experiment was set up in green house for production of mini-tubers of potato. Results of experiments were promising in terms of plant growth and tuberization, Plate 8(a-g).

a. Aeroponics system

b. Inside and outside view

c. BARI Alu-37

d. BARI Alu-46

e. BARI Alu-53 *f. BARI Alu-62* *g. BARI Alu-62*

Plate 8(a-g). Production of quality mini-tubers of potato at TCRC using Aeroponics system

Varietal effect on growth and yield of mini-tuber

Effect of variety on growth of plant and yield of mini-tubers was significant (Table 2). From a 4.5 x 1.5 x 1.2m^3 Aeroponics structure, a total of 4710 mini-tubers were harvested (18 kg). Average plant height was 271.3 cm, number of stolons per plant was 8.69, number of tubers per plant was 32.04, weight of tuber per plant was 118.97g and weight of individual tuber was 3.71g. The highest average plant height, number of stolons per plant, and number of tubers per plant were recorded in BARI Alu-53. However, the average weight of tubers per plant and the average weight of individual tuber were observed in BARI Alu-46. The number of tubers per plant ranged between 1-125 in BARI Alu-46, and 1-112 in BARI Alu-53. The highest number of tubers per plant (125) and weight of tuber per plant (569 g) were recorded in BARI Alu-46.

Table 4. Effect of variety on growth and yield parameters of potato in Aeroponics culture

Parameter	BARI Alu-46	BARI Alu-53	Average
Plant height (cm)	258.72	284.82	271.3
No. of stolon/plant	7.56	9.97	8.69
No. of tuber/plant	28.41	35.93	32.04

Parameter	BARI Alu-46	BARI Alu-53	Average
Wt. (g) of tuber/plant	158.21	76.97	118.97
Wt. (g)of individual tuber	6.08	2.18	3.71
Range of no. of tuber/plant	1-125	1-112	0
Range of wt.(g) of tuber/plant	5-569	6-340	0
Total tuber	4710		
Total weight of tuber (kg)	18		

Effect of planting material on growth and mini-tuber production

Planting materials had noticeable effect on the weight of tubers per plant and individual weight of tuber; but plant height, number of stolons per plant and number of tubers per plant were not noticeable.

Table 5. Effect of planting material on growth and yield parameters of potato in Aeroponics culture

Parameter	Top shoot cutting	Plantlet
Plant height (cm)	259.08	276.07
No. of stolons/plant	8.58	8.75
No. of tubers/plant	32.18	32.03
Wt. of tuber/plant (g)	141.85	109.97
Wt. of individual tuber (g)	5.43	3.72
No. of tuber/plant (range)	2-73	1-125
Wt. of tuber/plant in gram (range)	6-484	5-569

Future research thrusts

- Standardized low cost nutrient solution by searching different low cost chemicals or fertilizers
- Efficacy of different hormones on plant growth, tuber initiation and tuberization

- Research thrust should be paid on quality seedlings propagation techniques for cost reduction.
- Research attaintion should be drawn on screening different varieties/germplasm against stress resistance/tolerance.
- Efficacy of plant growth promoting bio-agents on plant growth, disease suppression and yield
- Effect of environmental factors on growth and yield of various crops including potato
- Use as a toot of vertical agricultural research
- Use in hybridization program.
- Developed low cost structure for commercial production system
- Establish a plant factory for quality mini-tuber production of potato at Tuber Crops Research Centre, BARI, Gazipur

Conclusion

The major constrain of potato production in Bangladesh is the scarcity of quality plant materials. Another important problem is slow dissemination of newly developed high yielding and other quality varieties to growers' level due to lack of quality seeds. To overcome this situation, Aeroponics would be a promising solution. By using this method, mini-tuber yield can be increased 30 times annually than conventional method. In addition, produced mini-tubers are viruses and soil-borne diseases free. All of we know, only use of quality seed potato yield of potato can be increased 20-25%. Therefore, if government and private sector come forward and adopt this technology, quality and disease free seed potato production will be increased rapidly. As a result, growers as well as the country as a whole will be benefitted in the long run.

References

BBS. 2018. Yearbook of Agricultural Statistic of Bangladesh, Government of the People's Republic of Bangladesh, Dhaka.

Jalil Bhuyan, M A and M K. Saha. 2017. Export for horticultural produce in Bangladesh: Challenges and opportunities. Paper presented in the national convention 2017 on quality and safety assurance for commercial horticulture by Bangladesh Society for Horticultural Science held on 5 March 2017 at BARC Auditorium, Farmgate, Dhaka, Bangladesh.

Mbiya, M. W., J. Muthoni, J. Kabira, G. Elmar, C. Muchira, P. Pwaipwai, J. Ngaruiya, S. Otieno and J. Onditi. 2012. Use of Aeroponics techniques for potato (*Solanum tuberosum*) mini-tuber production in Kenya. Journal of Horticulture and Forestry **Vol. 4(11)** Pp.172-177.

Nugali Yadde, M. M., H. D. M. De Silva, R. Perera, D. Ariyaratna and U R. Sangakkara. 2005. An Aeroponics system for the production of pre-basic seed potato. *Ann. Sri Lanka Department Agric.* **7:**199-288.

Otazu, V. 2010. Manual of quality seed potato production using aeroponics. International Potato Centre (CIP), Lima, Peru. 44 p.

Otazu, V. and C. Chuquillanqui. 2007. Quality seed potato production by Aeroponics (in Spanish). In: Alternativas al uso del bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad. Lima, Perú. International Potato Center (CIP). Documento de trabajo 2007-2. Pp. 35-45

Ritter, E B Angulo, P Riga, C Herra, J Relloso and M. San Jos. 2001. Comparison of hydroponic and Aeroponics cultivation systems for the production of potato mini-tubers. *Potato Res.* **44:**127-135.

Soffer, H and D W. Burger. 1988. Effects of dissolved oxygen concentration in aero-hydroponics on the formation and growth of adventitious roots. *J Am Soc Hortic Sci.* **113:**218-221

পুষ্টিসমৃদ্ধ নিরাপদ খাদ্যে
স্বয়ম্ভরতা অর্জনে নিবেদিত বি-এআরআই

Publication No. 10 bkit/2018-19

Editorial & Publication
Training & Communication Wing
Bangladesh Agricultural Research Institute
Joydebpur, Gazipur-1701, Bangladesh
Phone: 02 49270038
E-mail: editor.bjar@gmail.com
www.bari.gov.bd