WFP United Nations World Food Programme 联合国世界粮食计划署

Projet pilote CSST axé sur le terrain mis en place par le PAM en République du Congo et soutenu par la Chine

Aperçu des technologies de réduction des pertes après récolte et de transformation du manioc en Chine

Zhenwen ZHANG
Doctorat en Sciences du manioc, Professeur

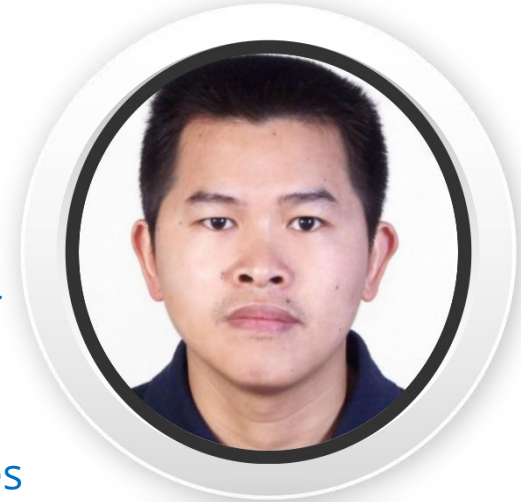
Centre d'excellence du PAM pour la transformation rurale

Académie chinoise des sciences agricoles tropicales

Cloud School
Sharing for Learning

Profil du Chercheur

Prof. Zhenwen ZHANG



Domaine de recherche : physiologie et protéomique post-récolte

- Directeur adjoint du Centre national subsidiaire de recherche et développement sur les technologies de transformation du manioc
- Chef du département d'ingénierie du manioc du Centre national de recherche sur les technologies d'ingénierie des cultures tropicales
- Expert des procédés de traitement et de transformation après récolte dans le système technologique national de l'industrie du manioc
- Expert du projet Science et technologie 110 de la province de Hainan
- Recherche et développement sur la physiologie végétale (physiologie photosynthétique et physiologie post-récolte) et sur les technologies de transformation et d'utilisation intégrée du manioc après récolte, une culture tropicale de toute importance

CONTENU

01 Informations générales

02 Technologies de réduction des pertes après récolte

03 Technologies de transformation

04 Perspectives

Informations générales

Informations générales

Le manioc est la sixième plus grande culture vivrière au monde, la principale source d'alimentation de près d'un milliard de personnes dans les régions chaudes du monde et une matière première importante pour les industries de l'amidon, de l'alcool et des aliments pour animaux en Chine.

- En Chine, il existe quatre zones de production fructueuses : "Est de la rivière Gui - Sud de la rivière Gui, Ouest de la rivière Gui - Sud du Yunnan, Est du Guangdong - Ouest de la rivière Min, Est de la rivière Gan, Ouest de l'île de Qiong - Ouest du Guangdong", parmi lesquels le Guangxi a des avantages exceptionnels.
- Sa superficie plantée est de 4,57 millions d'acres pour une production de 5 millions de tonnes (CCARS, 2022).

Informations générales

Feuille : principal légume des zones de culture du manioc en Afrique et en Asie du Sud-Est, avec un volume commercial annuel d'environ 400 000 tonnes, il est riche en protéines, minéraux et flavonoïdes.

Tige: Principal matériel de multiplication pour la culture du manioc, elle est riche en fibres, minéraux et tanins ; environ 250 millions de tonnes de tiges de manioc (environ 95 %) sont inutilisées et gaspillées chaque année dans le monde.

Manioc frais/séché : Riche en amidon, son volume commercial annuel mondial est de 12 millions de tonnes (chips séchés), et environ 80% du commerce est distribué en Thaïlande, au Vietnam et en Indonésie. En Asie du Sud-Est, la Chine est le principal importateur et consommateur de chips de manioc séché et d'amidon brut.

Informations générales

◆ Feuilles de manioc

Les feuilles de manioc sont des sous-produits importants de la production de manioc. Elles sont riches en protéines (22,0 %, DW), avec un total comparable à la teneur en protéines brutes d'herbe sèche (22,5 %), mais avec une biomasse et une énergie métabolique élevées, ce sont donc des matières premières de grande qualité pour l'alimentation animale. On rapporte que le manioc pousse pendant environ 8 mois et que 18,3 tonnes de tiges et de feuilles fraîches peuvent être récoltées par hectare, pour un rendement annuel de 40,0 tonnes/ha/an.

	Matière sèche		Protéine brute		Énergie métabolique	
	%	t/ha/année	%	kg/ha/année	thermie /kg/année	thermie /ha/année
Kudzu	24	10.0	21.0	2,100	2.20	22,000
Sangsues des montagnes	21	4.5	15.0	675	1.90	8,550
Acacia argenté	35	15.2	25.7	3,906	1.90	28,880
Herbe sèche	25.8	24.0	22.5	5,400	1.47	35,280
Jeunes feuilles de tige	**25**	**40.0**	**22.0**	**8,800**	**1.70**	**68,000**

Informations générales

◆ Tiges de manioc

Les tiges de manioc contiennent 4,47 % de protéines brutes, 39,32 % de fibres brutes et 19,84 % de lignine, ce qui constitue une matière de base idéale pour la culture de champignons comestibles. Elles peuvent être utilisées comme culture de substituts de champignons noirs, de champignons d'orme et d'aiguilles dorées.

Base Materials	Crude Protein%	Crude Fat%	Cellulose%	Hemicellulose %	Lignin%	Nitrogen-free Leachate%	Ash%
Morceaux de bois mélangé	1.57	3.12	36.12	12.58	19.17	24.52	2.92
Coques de graines de coton	5.07	1.57	32.73	21.42	15.18	18.19	5.84
Épis de maïs	2.05	0.78	30.26	34.13	17.19	13.46	2.13
Tiges de maïs	3.51	0.82	32.91	31.89	14.65	11.36	4.86
Tiges de blé	2.63	1.16	43.6	22.21	9.32	14.81	6.27
Tiges de sorgho	3.42	1.73	40.11	30.15	7.68	10.79	6.12
Tiges de manioc				11.88	19.84	21.32	2.79

Champignon noir

Champignon Orme

Champignon Plat

Champignon Énoki

Champignon Apricot

Auricularia Polytricha

◆ Manioc frais/séché

La teneur en amidon du manioc frais/séché est de 60 à 82 % (base sèche), soit une importante source d'énergie et une matière première alimentaire, et son rendement en amidon est à peu près équivalent au rendement en amidon de 4 acres de riz par saison (riz à 500 kg/acre et 70 % d'amidon sec). Les teneurs en matières grasses et en protéines du manioc sec sont respectivement de 0,82% et 2,56%, et il est riche en éléments minéraux (potassium 1,2%, calcium 0,07%).
Le manioc comestible peut être transformé en une variété de produits tels que de l'amidon, de l'amidon modifié, de l'alcool et d'autres aliments, parmi lesquels les principaux ayant été industrialisés sont l'amidon, l'amidon modifié et l'alcool.

Indicateurs/ Matières premières	Manioc séché	Manioc frais
Teneur en amidon (%)	75.00	25.00
Teneur en eau (%)	13.73	64.70
Cendre (%)	2.46	0.63
Gras (%)	0.82	0.25
Protéine (%)	2.56	1.07
Cellulose grossière (%)	3.20	1.11
Potassium (%)	1.20	Trois fois la teneur en potassium des bananes
Calcium (%)	0.07	Équivalent aux haricots rouges

◆ Mise en oeuvre

En Chine, 90 % des tubercules de manioc sont utilisés pour l'alcool et la transformation de l'alcool et 8 % pour la transformation des aliments pour animaux.

Aliments

Patûrage

Tissage

Sources d'énergie

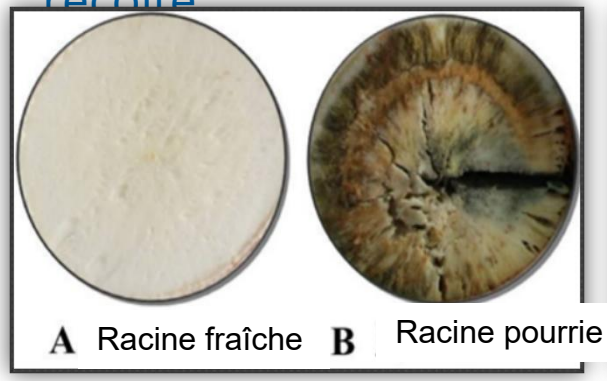
Une large utilisation

Fabrication du papier

Médicaments

◆ Principaux problèmes après récolte du manioc frais

(1) Les maniocs frais pourrissent facilement après récolte



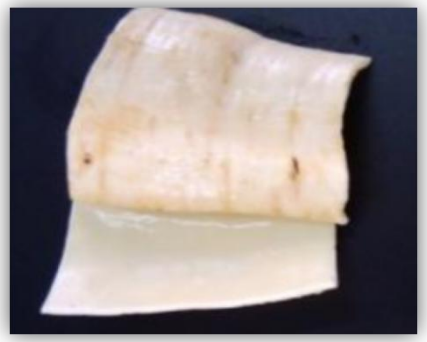
(2) Le manioc frais est difficile à transformer et à éplucher

Situation d'épluchage artificiel

No.	Poids du manioc frais (Kg)	Poids du manioc (Kg)	Vitesse d'épluchage (Kg/h)	Utilisation du manioc frais (%)
1	9.7007	7.4801	9.6381	77.1089
2	9.9172	7.4499	9.7874	75.1210
3	9.8010	7.1638	9.7017	73.0925
Moyenne	9.8063	7.3646	9.7091	75.1075

Peau extérieure

Phloème



Xylème

Technologies de réduction des pertes après récolte

Technologies de réduction des pertes après récolte

- Le manioc est une culture typique de tubercules avec différentes variétés, méthodes de production et techniques de conservation qui sont étroitement liées à la réduction des dommages après récolte. À l'heure actuelle, 47 variétés ont été sélectionnées et promues en Chine.

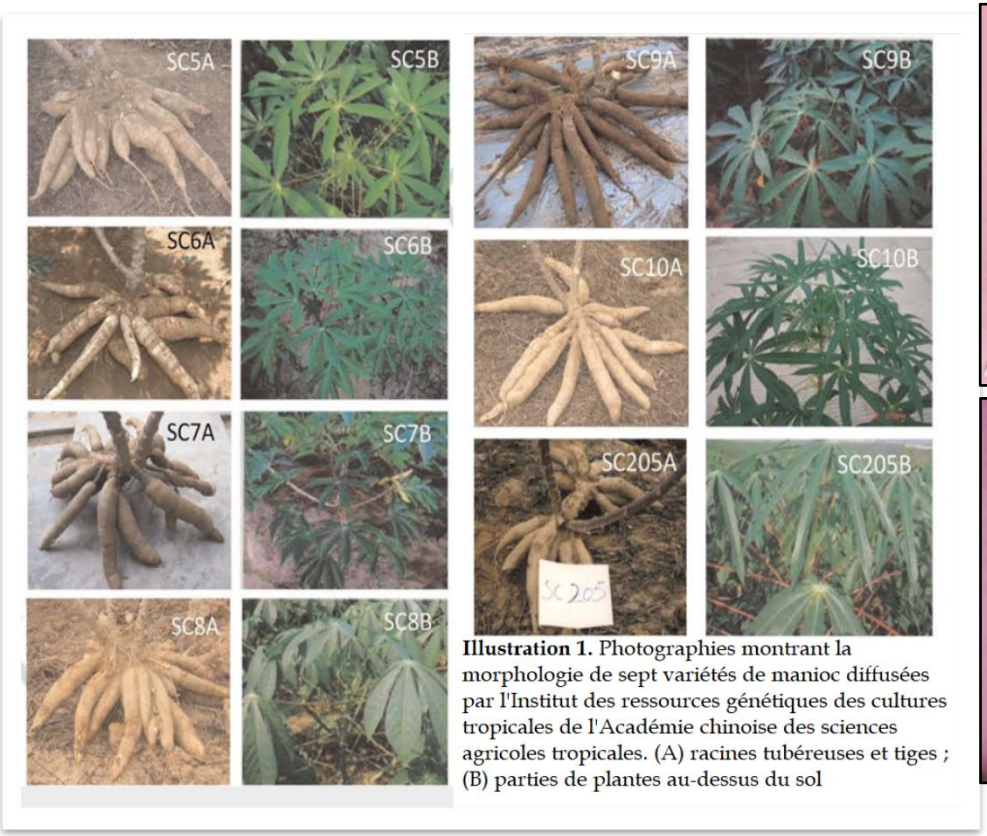


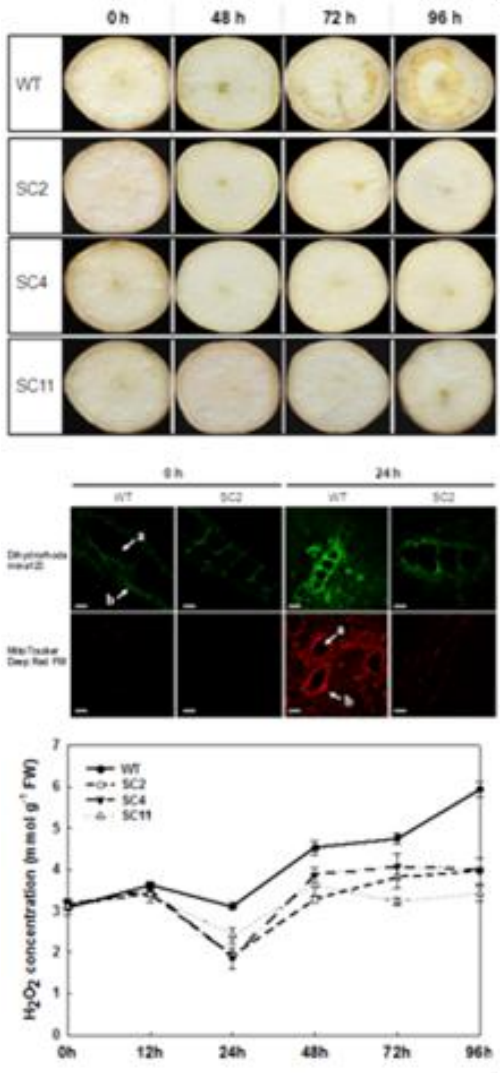
Illustration 1. Photographies montrant la morphologie de sept variétés de manioc diffusées par l'Institut des ressources génétiques des cultures tropicales de l'Académie chinoise des sciences agricoles tropicales. (A) racines tubéreuses et tiges ; (B) parties de plantes au-dessus du sol

Technologies de réduction des pertes après récolte

- *South China 5* est appliqué et promu sur plus de 200 000 hectares dans les provinces de Pursat et de Kratie au Cambodge.
- La nouvelle variété à haut rendement de *South China 13*, adaptée à la culture locale, est appliquée et promue par la société PPM.

- La filière locale du manioc en République du Congo produit 9,0 tonnes/ha.
- Les nouvelles variétés K265 et I93 ont produit respectivement 42 tonnes/ha et 26 tonnes/ha et ont montré une certaine résistance à la maladie de la mosaïque.

Technologies de réduction des pertes après récolte



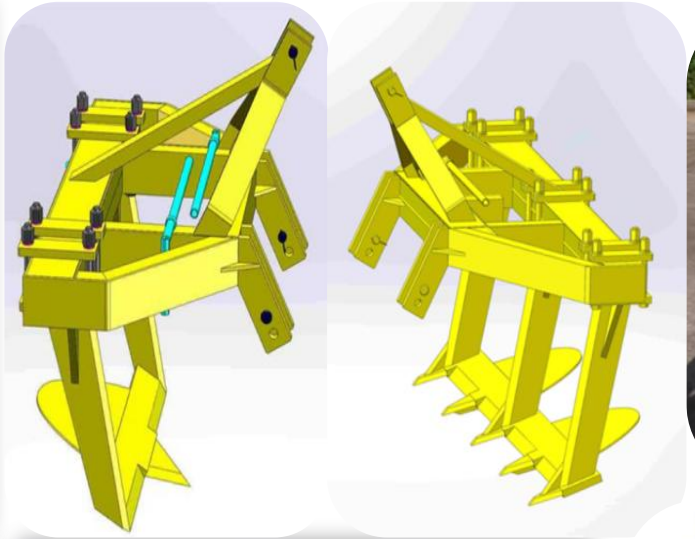
Observation de la résistance à la dégradation physiologique du RYG-1 transgénique (conservé à température ambiante à une température moyenne de 30°C)

Catégorie	Hauteur de la plante/cm	Épaisseur de la tige/cm	Nombre de manioc	Rendement par plante/kg	Teneur en matière sèche	Taux d'amidon %
RYG-1	108.00	2.00	6.33	2.30	0.42	29.6
SC8	102.33	2.30	5.33	1.73	0.37	29.5

◆À l'aide d'un système de transformation génétique, *AtGloS2* a été transféré dans la variété South China 8, ce qui a considérablement amélioré sa tolérance physiologique à la pourriture après récolte

Technologies de réduction des pertes après récolte

Creusage/tirage avec des houes



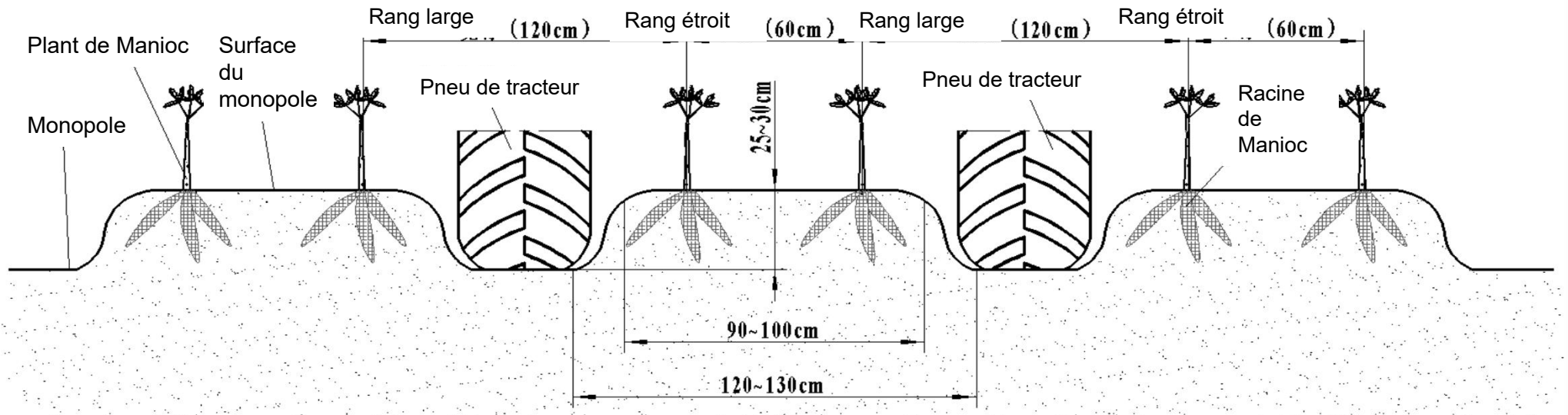
Charrue mécanique

Râteau mécanique

Technologies de réduction des pertes après récolte

Technologie de plantation mécanisée

- Largeur inter-monopole : 120 cm pour les rangs larges et 60 cm pour les rangs étroits
- Largeur du monopole : 60 cm
- Espacement des plantes : 70 cm
- Adaptabilité : tracteur 90cv



Technologies de réduction des pertes après récolte

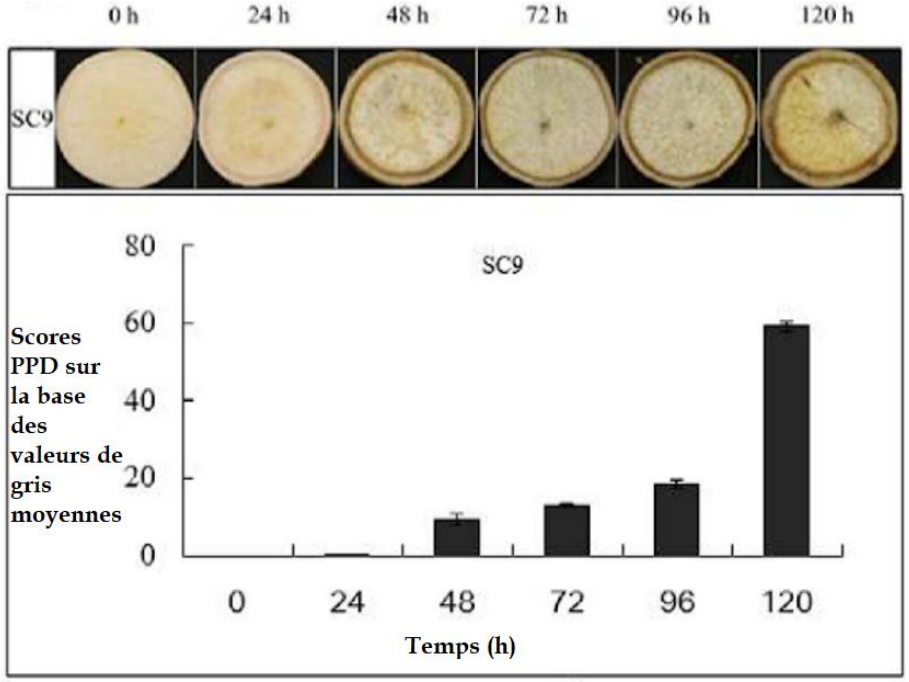
Technologie de récolte mécanisée

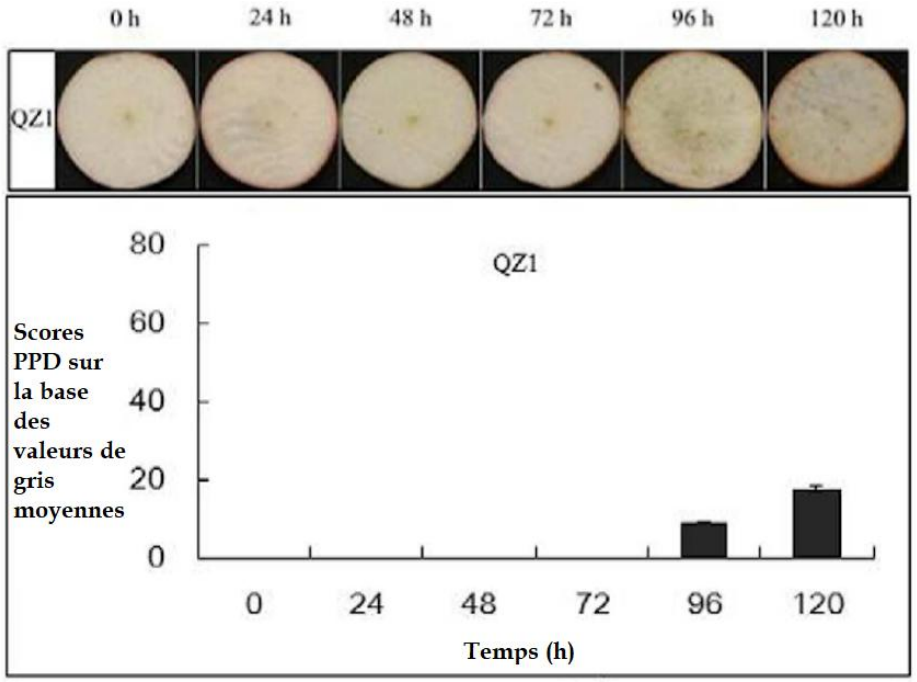
- Largeur de l'herse : 120cm
- Adaptabilité : tracteur 90cv

Technologies de réduction des pertes après récolte
(Technologie de conservation de la fraîcheur)

◆ Détérioration physiologique après récolte

La détérioration physiologique après récolte (PPD) fait référence au phénomène physiologique des tubercules de racine de manioc apparaissant à l'intérieur et à l'extérieur de la colonne centrale environ 3 jours après la récolte. Le point noir, ce sont les changements irréversibles qui surviendront avec le temps de stockage et l'environnement de stockage, ceux-ci étant étroitement liés à la variété et aux conditions extérieures.





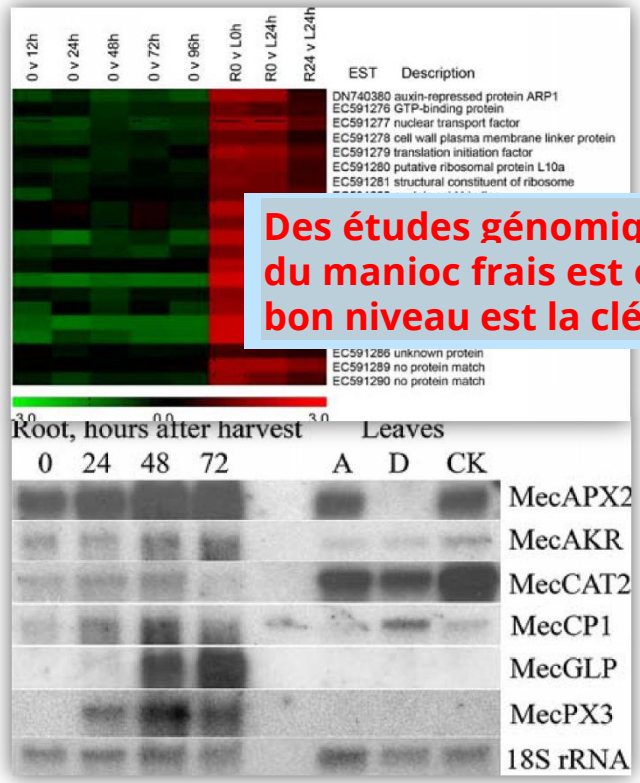
On rapporte que les pertes mondiales de manioc frais après récolte représentent environ 15 % de la production totale.

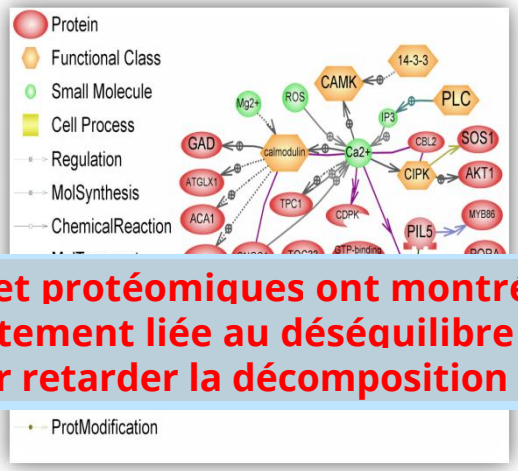
La conservation après récolte est une mesure importante à prendre pour réduire les pertes de manioc frais, en particulier dans les zones tropicales où les températures et l'humidité sont élevées, et où les technologies de conservation sont particulièrement importantes.

Technologies de réduction des pertes après récolte

(Technologie de conservation de la fraîcheur)

- Dégradation physiologique après récolte

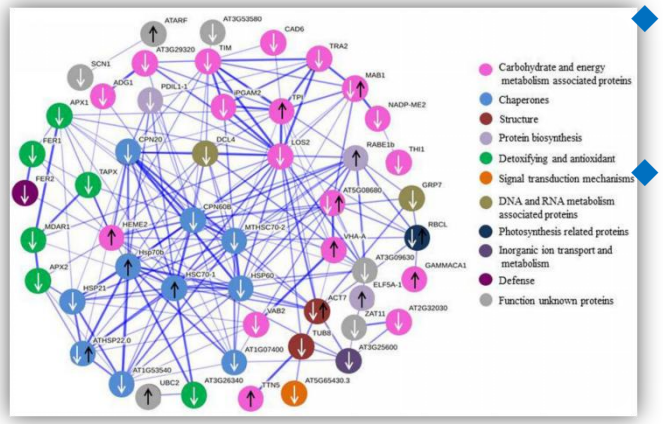




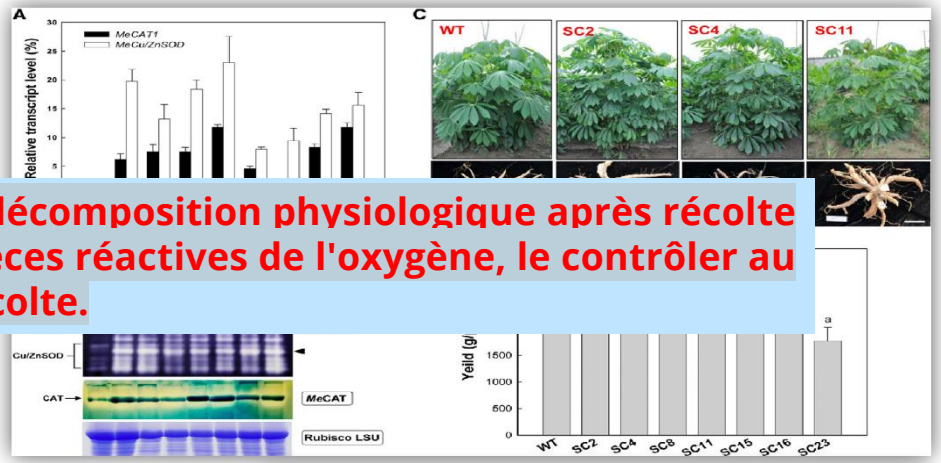
Des études génomiques et protéomiques ont montré que la décomposition physiologique après récolte du manioc frais est étroitement liée au déséquilibre des espèces réactives de l'oxygène, le contrôler au bon niveau est la clé pour retarder la décomposition après récolte.

- En 2003, le professeur John Beching a découvert que le processus de stockage des tubercules était significativement régulé à la hausse avec l'expression de sept gènes associés au piégeage des espèces réactives de l'oxygène.

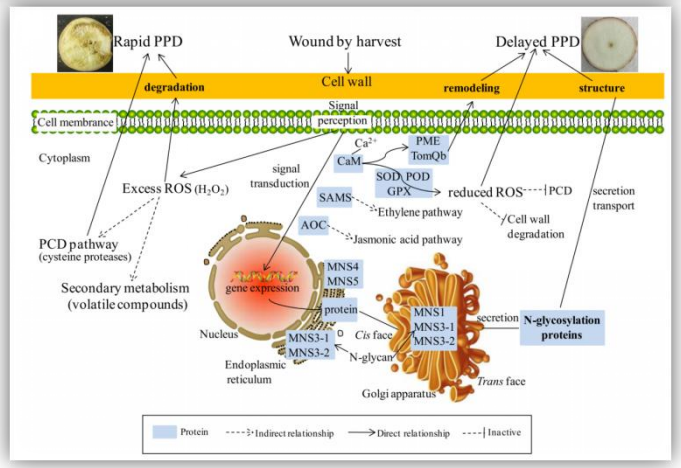
- En 2012, Zhang Zhenwen a proposé un réseau régulateur de complexes Ca2+ - CaM pour réguler le métabolisme physiologique des racines tubéreuses.



- En 2013, le chercheur Peng Zhang a démontré que les enzymes Cu/Zn SOD étaient étroitement liées au piégeage des espèces réactives de l'oxygène lors du stockage des tubercules de manioc à l'aide d'un système de transformation génétique.



- En 2017, Yu-Ling Qin a proposé un réseau de réglementation PPI.
- En 2019, Fei-Fei An a proposé un réseau de régulation composé de 7 gènes dans l'appareil de Golgi.



Technologies de réduction des pertes après récolte
(Technologie de conservation de la fraîcheur)

◆ Technologies de réduction des pertes après récolte

（1） Technologie de conservation physique : revêtement d'un film + conservation à basse température

◆ Du manioc frais enrobé de cire de fruit comestible peut être conservé à basse température de 4°C pendant environ 15 jours.

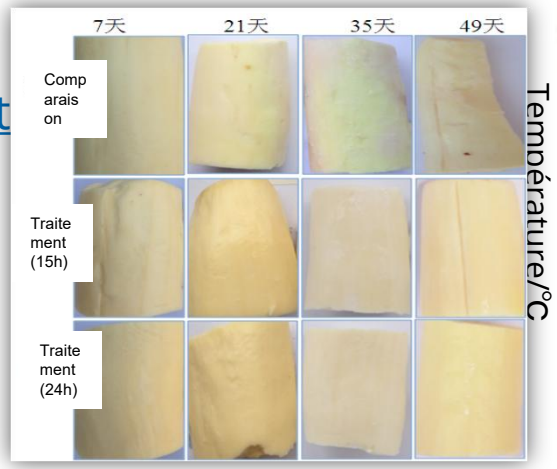
Technologies de réduction des pertes après récolte

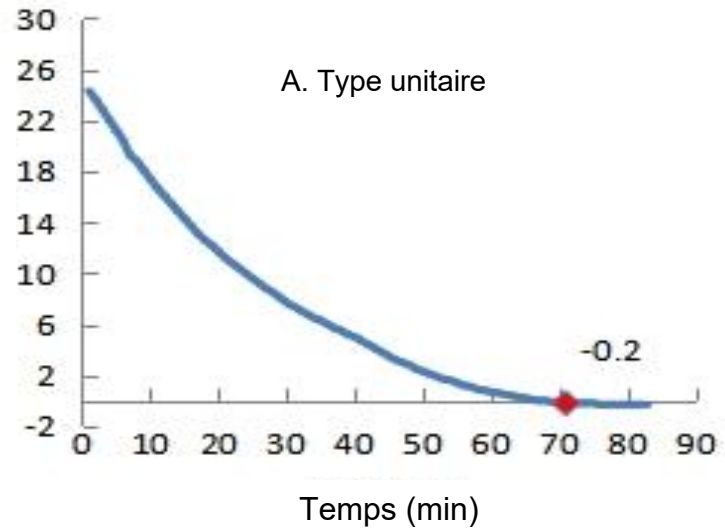
(Technologie de conservation de la fraîcheur)

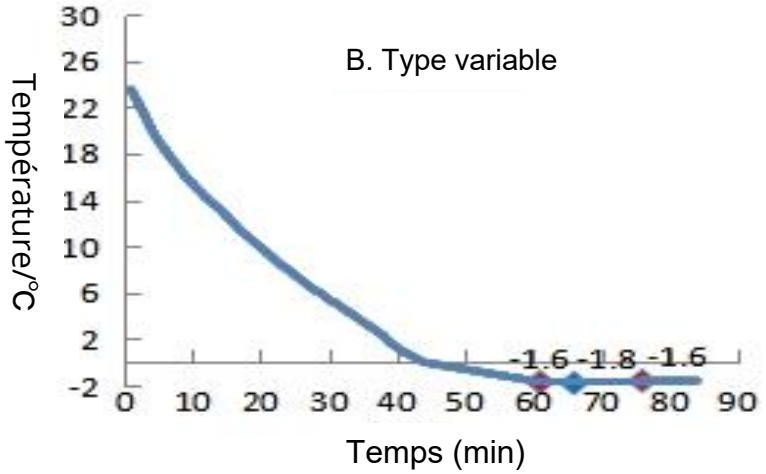
- Technologies de réduction des pertes après récolt

(1) Technologie de conservation physique : pré-refroidissement du point de congélation + conservation à basse température

- Les maniocs traités avec un pré-refroidissement au point de congélation peuvent être stockés et conservés frais à basse température pendant environ 25 jours.

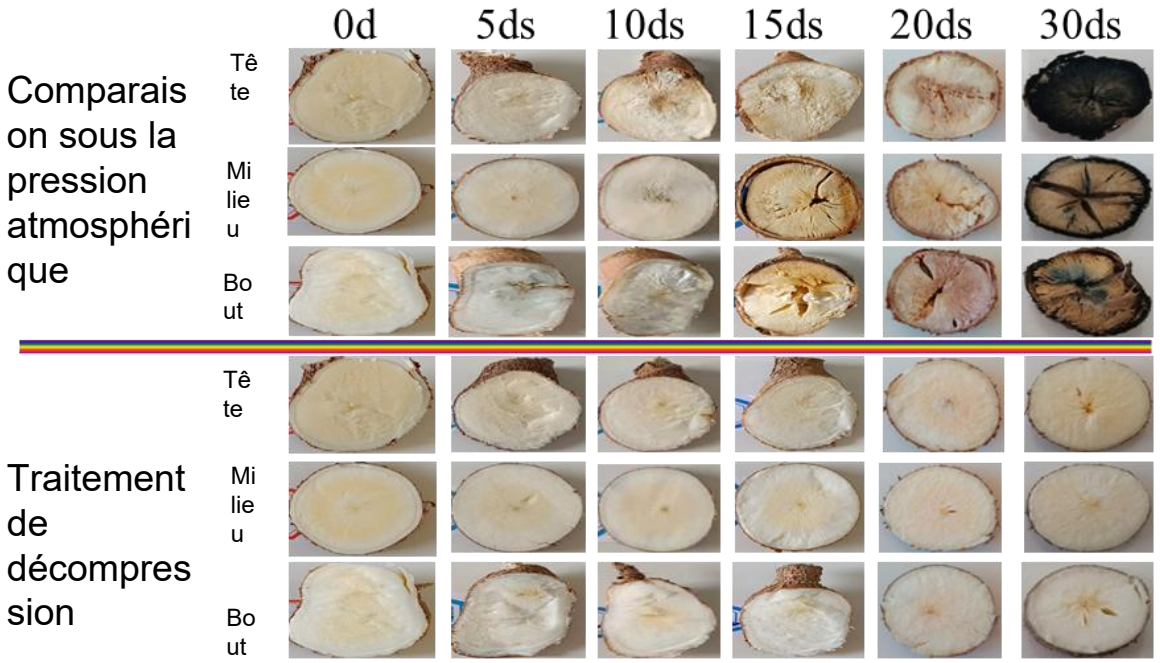






Technologies de réduction des pertes après récolte

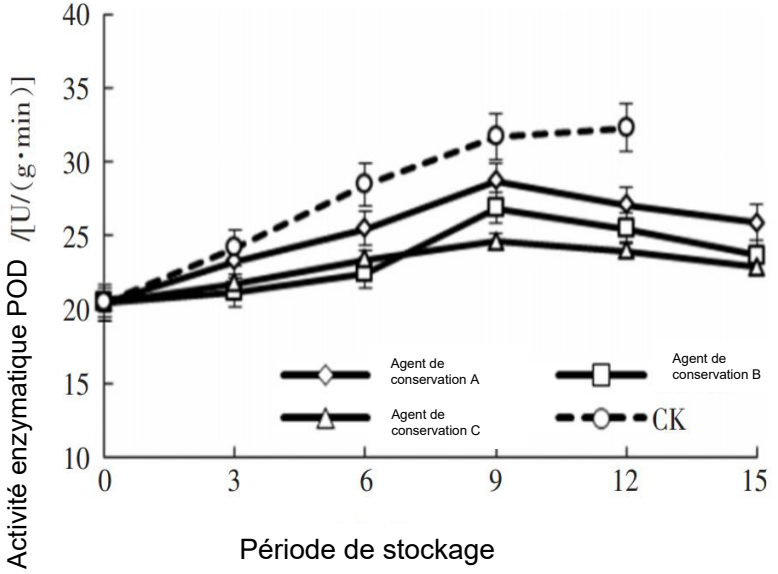
Technologie de conservation physique : conservation à pression réduite

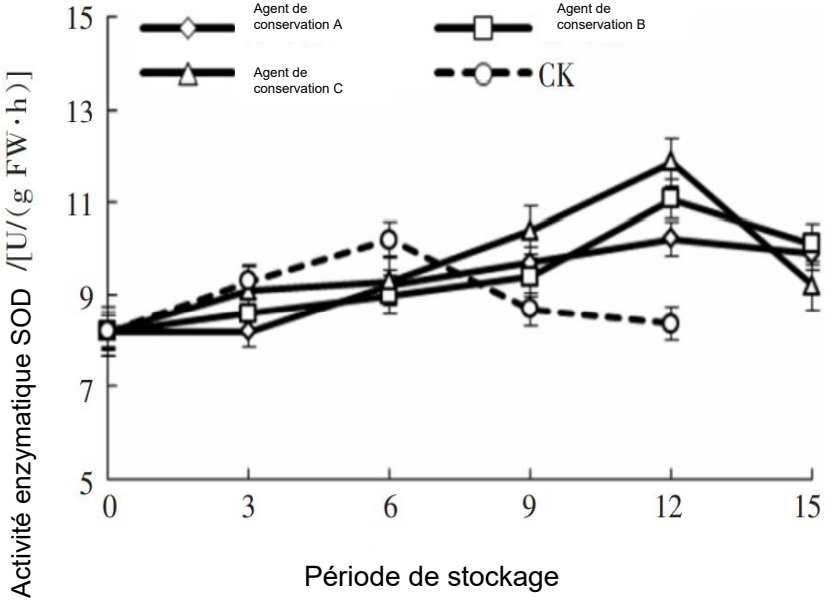


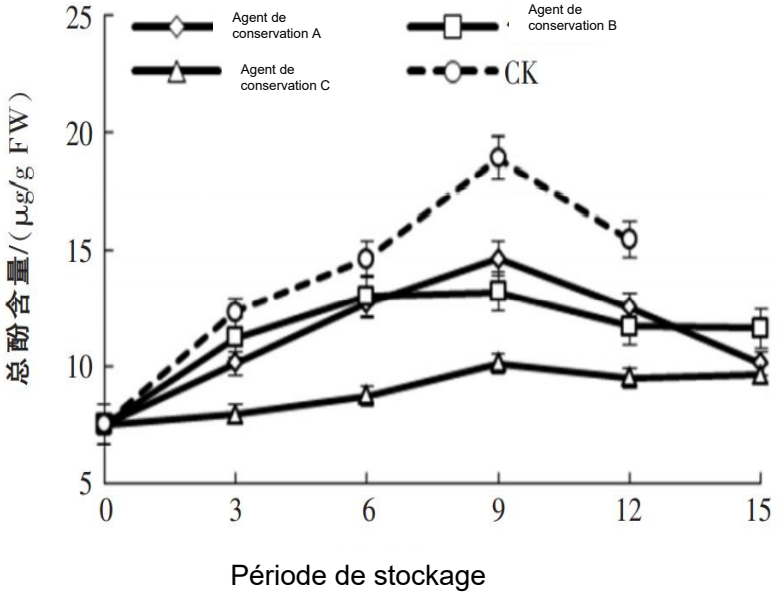
- Par traitement de pré-refroidissement, les maniocs frais ne commencent à subir une détérioration physiologique après récolte qu'après 30 jours de stockage à température ambiante sous 0,03-0,05 MPa. Si stocké à basse température, cette période peut atteindre plus de 60 jours.

Technologies de réduction des pertes après récolte

(2) Technologie de conservation chimique : l'utilisation de 1,5 % de chitosane + 0,15 % d'acide citrique + 0,25 % de solution de chlorure de calcium pendant 10 min peut améliorer la capacité de piégeage des ROS des pommes de terre fraîches, de manière à prolonger efficacement la période de stockage après récolte des pommes de terre fraîches et à retarder la survenue de PPD.



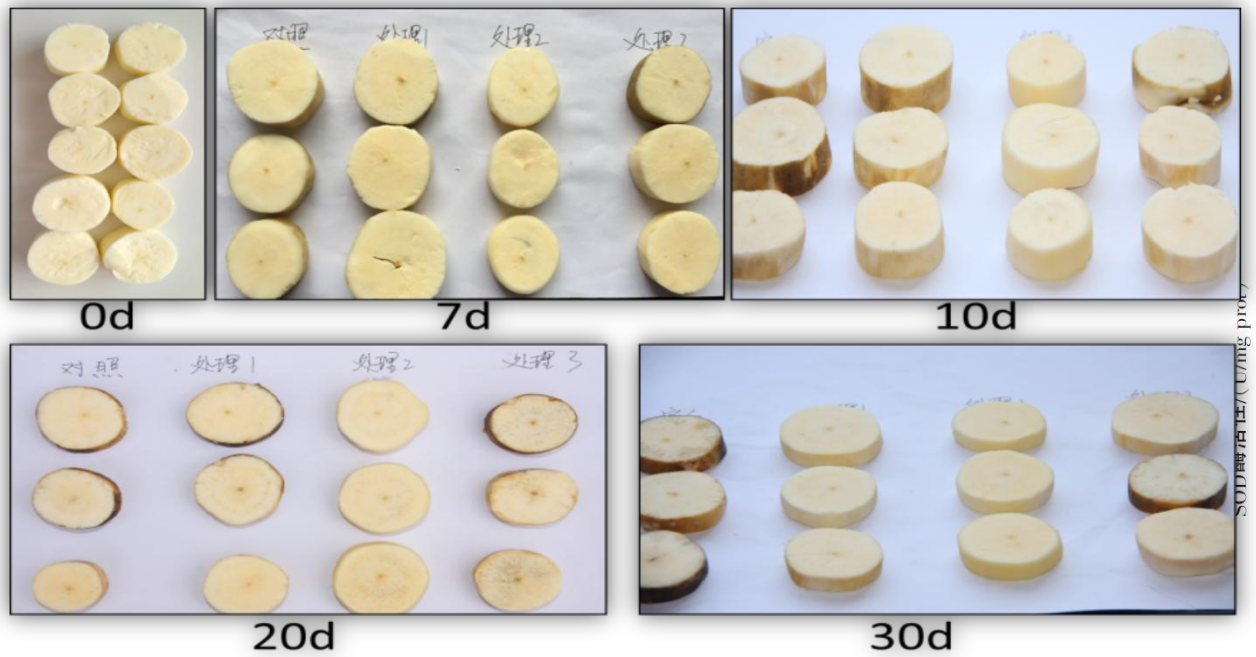


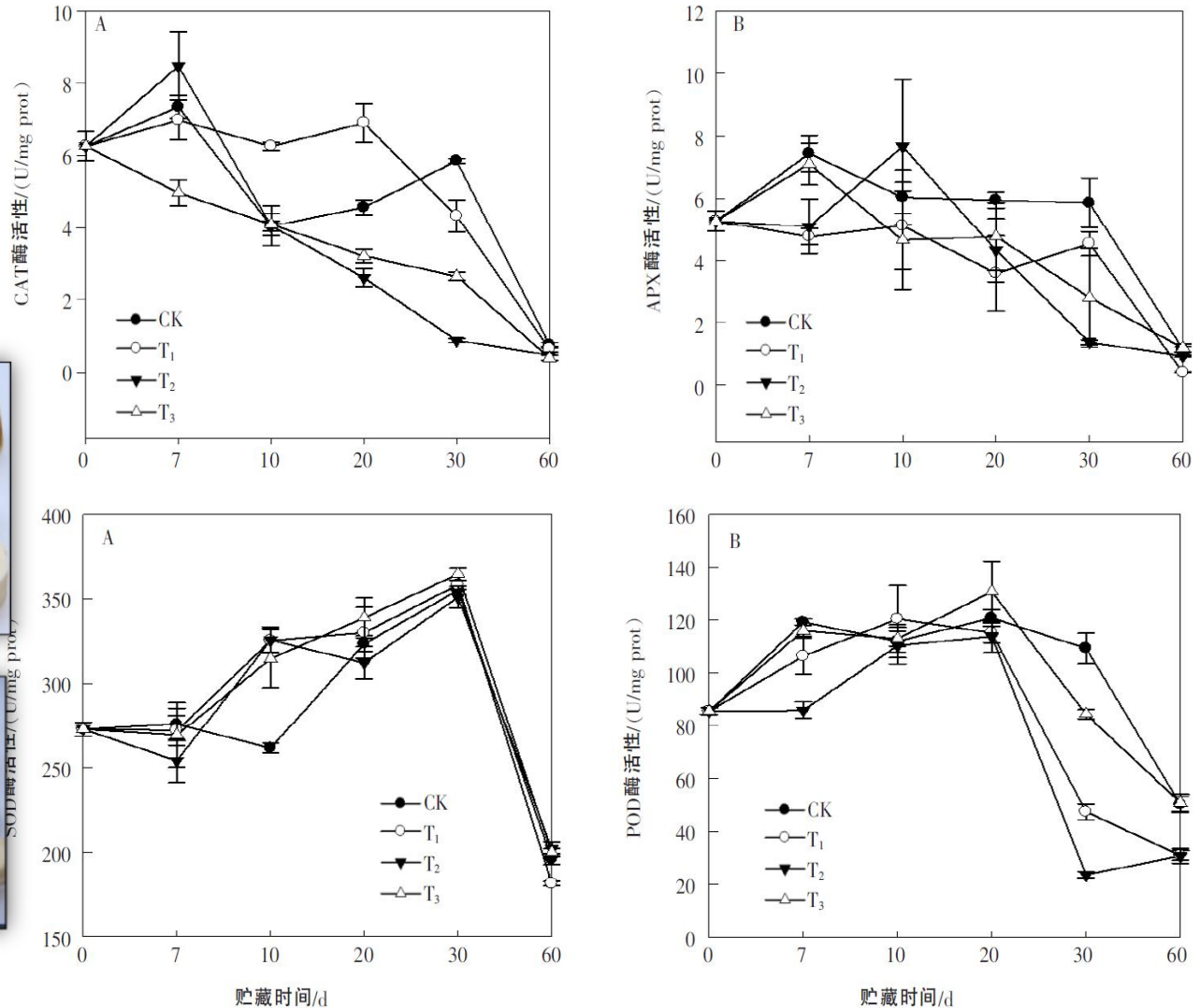


Technologies de réduction des pertes post-récolte

(Technologie de conservation de la fraîcheur)

Technologie de conservation chimique: les pommes de terre fraîches peuvent être conservées pendant 20 jours après avoir été traitées à 98 ℃ avec 10 g/NaCl dans l'eau chaude + une solution antioxydante à 3% de Na2S2O5 pendant 2 minutes pour retarder l'apparition de PPD.





Technologies de réduction des pertes après récolte

Comparaison de stockage

Revêtement de cire de fruits / technologie de conservation à basse température

Avantages : L'effet de stockage est bon. Il n'y a pas de brunissement ni de changement évident de dureté dans les 15 jours.

Désavantages:

1. L'opération est lourde et le coût de la main-d'œuvre est élevé;
2. Il existe des risques potentiels pour la salubrité des aliments;
3. Une pomme de terre endommagée ne convient pas et la sélectivité des matières premières est importante.

Conservation au froid du point de congélation

Avantages: facile à utiliser, traitement facile à industrialiser et bénéfice élevé ; La chaîne d'approvisionnement et de commercialisation est saine.

Désavantages:

1. la saveur change légèrement,
2. Stockage à basse température, consommation d'énergie élevée ;
3. Après le pelage et le stockage à basse température, les tubercules racinaires perdent de l'eau et rétrécissent, et leur apparence n'est pas bonne.

Conservation réfrigérée à basse pression

Avantages: Convient pour une mise en œuvre industrielle ; Meilleur effet de stockage pour la pomme de terre fraîche.

Désavantages:

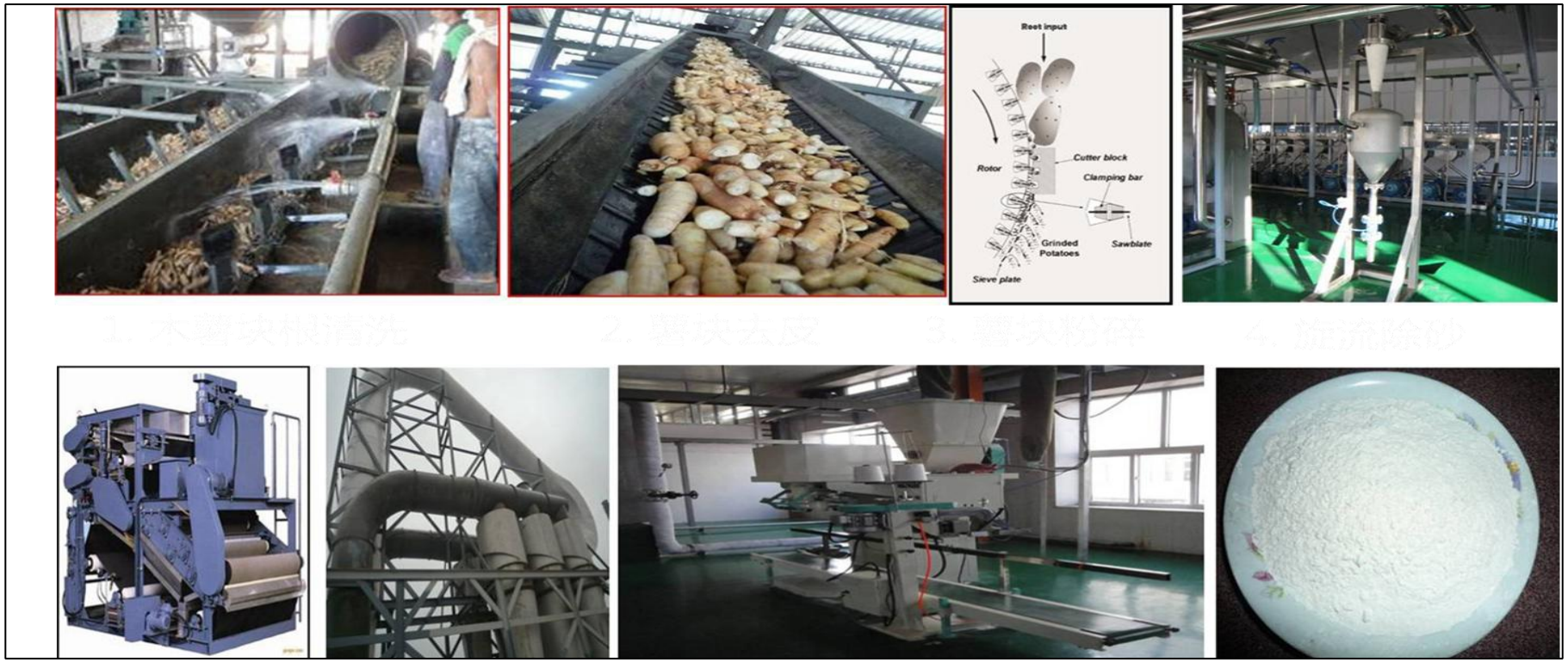
1. Normes strictes à suivre pour les installations de stockage ;
2. Après stockage à basse pression, la durée de conservation à température ambiante n'est que de 7 jours ;
3. Il ne convient pas pour un stockage à basse température après pelage.

Technologies de transformation

Technologies de transformation

◆ Transformation de l'amidon

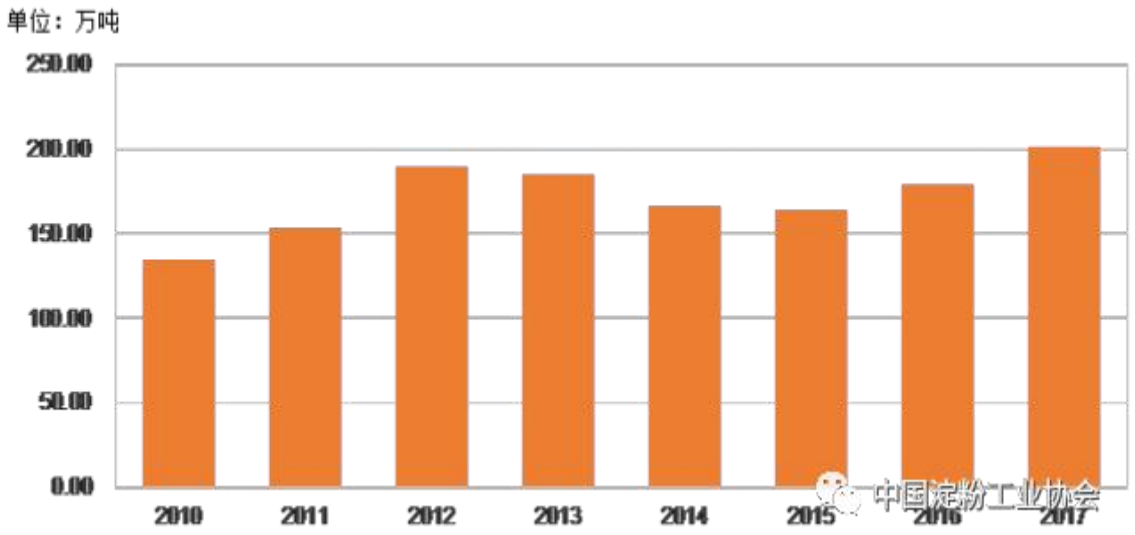
■Le manioc est principalement utilisé pour la transformation de l'amidon dans le sud de la Chine. La production annuelle d'amidon de manioc est d'environ 450 000 tonnes, et celle-ci est principalement distribuée dans le Guangxi. À l'heure actuelle, cette technologie chinoise de transformation de l'amidon de manioc dispose de solides capacités indépendantes en Recherche & Développement, mais aussi dans la mise en place de processus et d'équipements.



Technologies de transformation

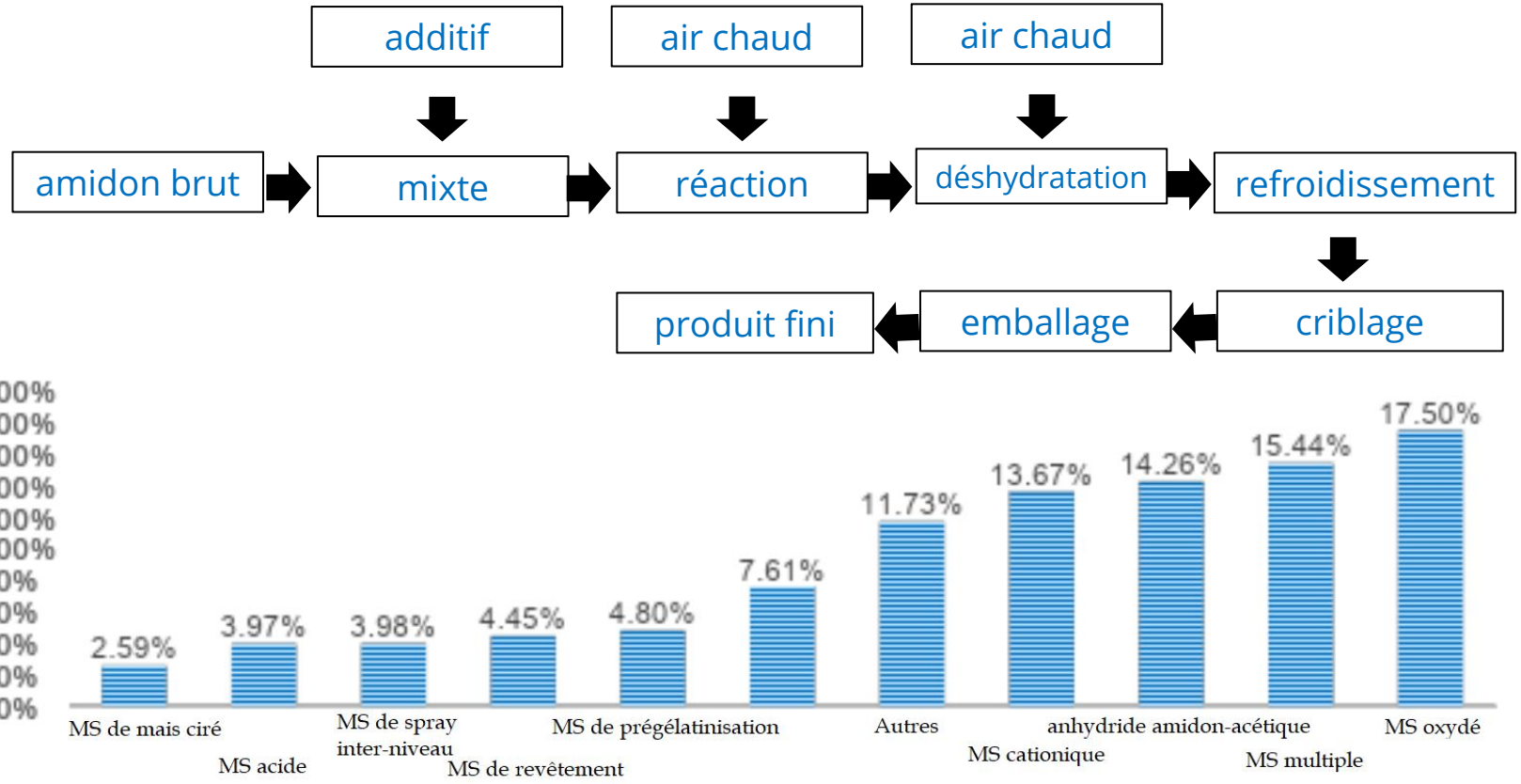
◆ Amidon de manioc modifié

L'amidon de manioc modifié (CMS) est une sorte d'amidon dont les caractéristiques de traitement changent après une transformation physique, chimique ou enzymatique, ceci comprenant l'amidon estérifié, l'amidon acide, l'amidon oxydé et l'amidon réticulé.



Technologies de transformation

◆ Amidon de manioc modifié



Technologies de transformation

◆Transformation de l'alcool

Principales matières premières

* canne à sucre
* manioc
* patate douce
* betterave
* sorgho doux
* maïs
* ...

Matière première	Rendement biologique t/ha/an	Taux de conversion de l'alcool l/t	Production d'alcool l/ha/an
Canne à sucre	120	75	9,000
Manioc	30	180	5,400
Patate douce	60	125	7,500
Betterave	80	100	8,000
Sorgho doux	80	40	3,200
Mais	12	400	4,800

Région	%	Promotion de l'éthanol carburant
Brésil	20	25%
Thaïlande	10	Bangkok
Inde	5	Région du Sud
Suède	5	à l'échelle nationale
Colombie	10	3 grandes villes
Chine	10	5 villes

Technologies de transformation

◆ Transformation de l'alcool

Advantages (1) Facile à planter ; (2) Faible coût des matières premières ; (3) Taux de conversion élevé ; (4) Faible coût d'élimination des déchets

- La production d'alcool de la Chine a dépassé 2,6 millions de tonnes, soit le double de la production réelle en 2011.
- La production d'alcool de la Chine devrait atteindre 4,4 millions de tonnes d'ici 2025, avec une énorme demande en manioc, patate douce et maïs.

Année	Capacité de production (en millions de tonnes)	☆Capacité (Millions de tonnes)
2007	**2.80**	**1.32**
2008	**2.80**	**0.86**
2009	**3.10**	**1.00**
2010	**3.15**	**1.25**
2011	**3.20**	**1.30**
2017	3.50	2.60
2025	5.00	4.40

Technologies de transformation

◆Transformation de l'alcool

Comparaison de différents procédés de transformation de l'alcool

	Temps consommé (heures/lot)	Consommation d'énergie (kWh/tonne)	Consommation d'eau (cube/tonne)
Artisanat traditionnel	71	210	60
Artisanat de deuxième génération	55	150	35
Artisanat de troisième génération	50	120	30
Artisanat de quatrième génération	≤48	≤80	≤20

Techniques de réduction des pertes

- Efficacité accrue de la conversion de l'alcool
- Cellulose, etc. comme matière première principale
- Technologie de recyclage des déchets

Artisanat traditionnel

Chips de manioc → Écrasement → Dessablage → Liquéfaction de l'amylase → Glycation du Glycosylase → Fermentation de la levure → Filtration / Distillation → Alcool

Artisanat de deuxième génération

Chips de manioc → Écrasement → Dessablage → Liquéfaction de l'amylase → Glycation + synchronisation de fermentation RhizozymeTM + Levure → Filtration / Distillation → Alcool

Artisanat de troisième génération

Chips de manioc → Écrasement → Dessablage → Liquéfaction + saccharification + synchronisation de fermentation StarGenTM + Levure → Filtration / Distillation → Alcool

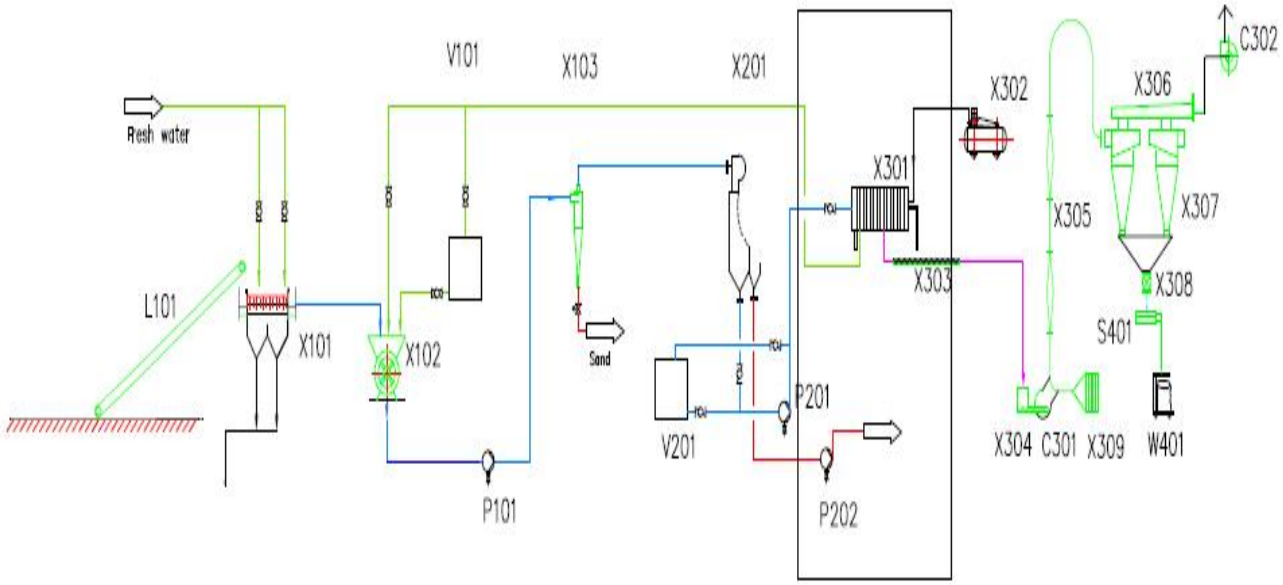
Technologies de transformation

◆ Transformation de la poudre de manioc

■ Transformation à sec légère et simplifiée et transformation à processus humide industrialisée.

Technologie de transformation à sec de la poudre de manioc

Feuille de route de la transformation à processus humide de la poudre de manioc



04

Perspectives

Perspectives

L'utilisation de la biotechnologie pour sélectionner et appliquer des variétés pourries après récolte peut réduire considérablement les pertes en pommes de terre fraîches due à la décomposition physiologique après récolte durant le processus de transport et de transformation, tout en devant répondre aux besoins du développement industriel actuel. Il s'agit également d'une tendance générale du développement industriel à faible émission de carbone.

Perspectives

◆ Les diverses technologies étendent la chaîne de valeur du manioc

L'utilisation de la farine, des tiges, des feuilles de manioc et d'autres sous-produits pour développer une série de produits à haute valeur ajoutée, comme par exemple des aliments à base de farine de manioc, l'élevage de vers à soie de feuilles de manioc, la culture matricielle de tiges de manioc, de champignons noirs, et de produits polypeptidiques de protéines de feuilles de manioc, etc.

Série de pâte

Série de farine

Perspectives

◆ La coopération internationale est une porte de sortie pour le développement durable de l'industrie du manioc

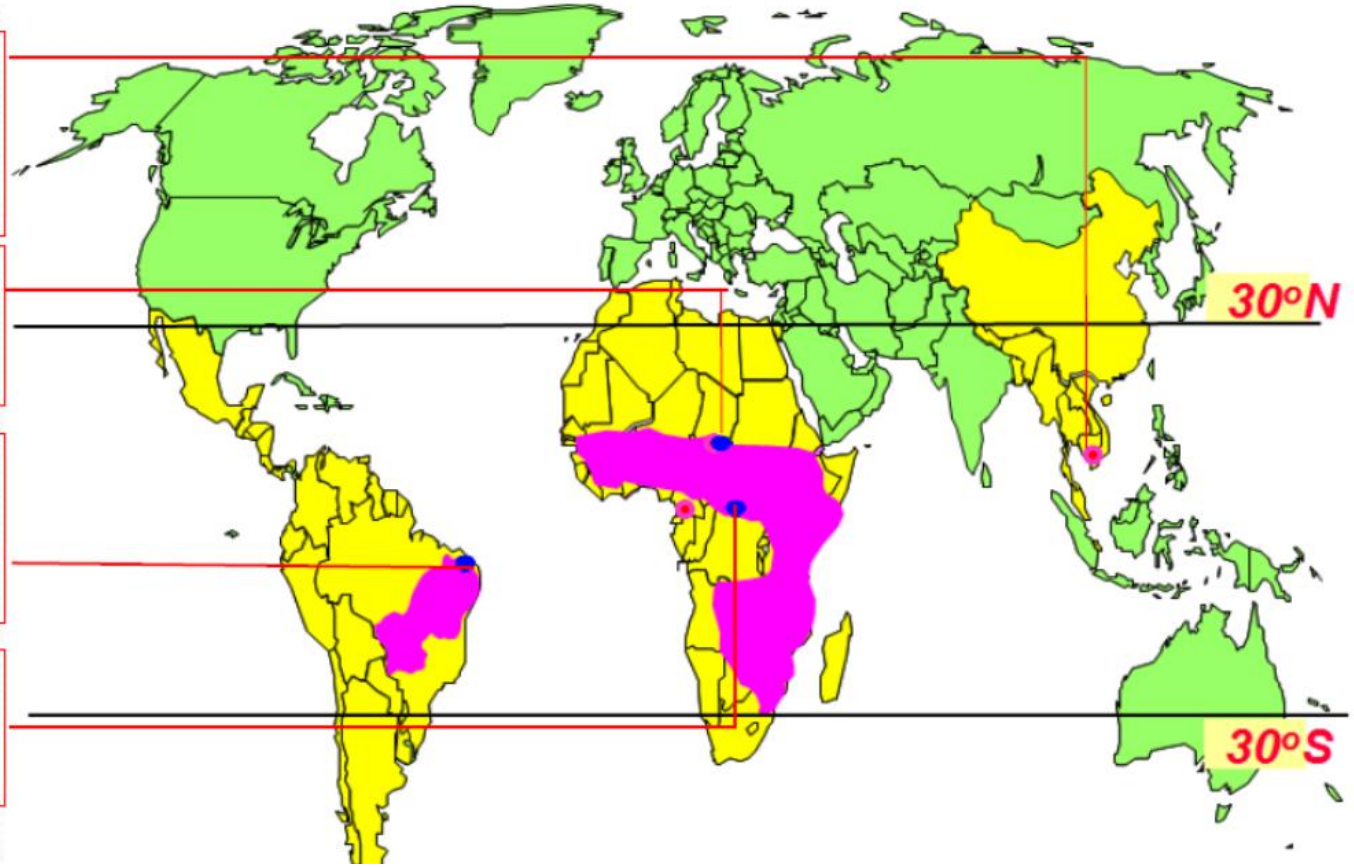
La Chine a étroitement coopéré avec des instituts de recherche sur le manioc en Asie du Sud-Est, en Amérique du Sud et en Afrique, construisant successivement 4 bases de coopération internationale et plus de 40 unités de coopération.

中国--柬埔寨
木薯科技创新中心
Centre d'innovation S&T Chine-Cambodge sur le manioc

中国--尼日利亚
木薯中心
Centre Chine-Nigéria sur le manioc

中国--巴西
蛋白质组学联合实验室
Laboratoire conjoint de protéomique Chine-Brésil

中国--刚果（布）
农业试验站
Station expérimentale agricole Chine-Congo



Perspectives

◆Coopérations internationales

Coopération avec l'IITA

Coopération avec le Cambodge

Coopération avec l'Entreprise brésilienne de recherches en agriculture et élevage (EMBRAPA)

Coopération avec les pays africains

Merci

Contact : scuta96@catas.cn

Académie chinoise des sciences agricoles tropicales

Le projet SSTC est financé par :
Le Ministère de l'agriculture et des affaires rurales
La République populaire de Chine

Cloud School
Sharing for Learning