

大型コンテナに収納したタマネギの簡易型差圧通風方式による予措乾燥

竹川昌宏¹⁾・村上和秀²⁾

¹⁾兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター, 兵庫県加西市 679-0198

²⁾ 兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター, 兵庫県南あわじ市 656-0422

簡易型差圧通風方式により, 500kg 収納の大型コンテナに詰めたタマネギを貯蔵前に予措乾燥する条件を検討するとともに, コンテナ 96 基分のタマネギを予措乾燥する実証を行った。

- 1 通風乾燥により葉鞘部水分含有率が 55%以下となったタマネギは, 2°C, 約6か月間の冷蔵貯蔵でも軟球にならなかった。
- 2 通風する風速はコンテナ側面の空気流入位置で, 0.31m/s の弱い風で乾燥が可能であり, 風速 0.71m/s に上げても, 乾燥速度の差はみられなかった。
- 3 通風する空気温度が常温(平均 24°C)と温風(平均 29.5°C)では, 温風の方が乾燥速度が速く, 葉鞘部水分含有率が 55%以下に低下する時期が 2 日早くなった。
- 4 ファン 1 台(出力 3.7kW, ファン直径 60cm), 9 日間でコンテナ 96 基(約 50トン)のタマネギが予措乾燥できた。

キーワード: タマネギ, 予措乾燥, 大型コンテナ, 簡易型差圧通風

You can see the English abstract on the last page of this article.

結 言

淡路島はタマネギの生産が多い地域として知られている。栽培は一戸当たり平均 30~40a の規模で行われており, 歩行型の移植機と掘り取り機を使い, 歩行型ピッカーで 20kg 小型コンテナに収納していく個別完結型の小規模機械化体系が確立している。しかしながら, 栽培者の高齢化が進み, コンテナの持ち上げ, 移動に困難が生じている。このため, 近年他産地で導入されている(加藤, 2014), 大型のコンテナ(500kg 詰)を使い, 持ち上げや運搬も人の手に頼らない機械化が淡路島でも推進されている。

タマネギを貯蔵する場合, 収穫後直ちに予措乾燥(以下, 乾燥とする)をしなければ, 病害菌がタマネギ内に侵入して貯蔵性が悪くなる(三室ら, 2016, 大西ら, 1981)。20kg 小型コンテナに収納したタマネギの乾燥については, タマネギの吊り小屋を改良した兵庫式改良貯蔵小屋で直ちに乾燥する方法が考案された(岸本ら, 1979)。しかしながら, 500kg 大型コンテナの場合, 収穫後すぐにコンテナに収納すると, コンテナ内部に風が通りにくいため, 乾燥するには強制的に通風する装置が必要となる。このため産地では共同の大規模通風乾燥施設の導入も行われ始め

たが, 大型コンテナが増加するにつれ, 共同施設だけでは間に合わなくなり, 農業者自らが個別乾燥することが必要となっている。

個別に通風乾燥を行う方式として, 簡易型の差圧通風方式が考えられており(材料および方法参照), 移動可能なファンとビニールなどの被覆用フィルムがあれば, 簡易にできることが特長である。この方式を導入して乾燥完了の目安を作り, 効果の高い乾燥条件を解明し, また約 1ha 規模の栽培でも, ファン 1 台で乾燥できることの実証試験を行い, 成果が得られたので報告する。

材料および方法

1. タマネギ葉鞘部水分含有率が貯蔵性に及ぼす影響

タマネギ葉鞘部の乾燥程度と貯蔵性を知るために, 淡路農業技術センター内の同一圃場で, 2017 年 6 月 7 日に葉鞘部を 10cm 残して切り取って収穫した品種‘ターザン’(七宝)の L サイズのものを供試した。

葉鞘部水分含有率の異なるタマネギサンプルの作成は, 収穫後作業倉庫内で, 0, 1, 2, 5, 7 日間常

温で簡易型差圧通風方式により連続通風して行った。この方式はトムテン社が提唱している方式で、図1のように、ファンを挟んで大型コンテナ(幅 1.7m×奥行 1m×高さ 0.8m,500kg 詰め)を2条に分けて積み上げ、上部、前後を農ポリフィルム等で被覆し、コンテナ側面からのみ風が通るようにして、ファンで吸引することによって、コンテナの内部に風を通す方式である。ファンは商品名「空つ風君」(定格 3.7kW, 直径 60cm,トムテン社製,以下通風ファン)を用いた。コンテナ内には空気が均一に流れるように、タマネギを隙間なく満杯に詰めた。

葉鞘部水分含有率は以下のように測定した。収穫時、タマネギの葉鞘部を10cm残して切断し、既定の日数通風乾燥後、上から8cmで切り取って重量を測定した。タマネギと切断した葉鞘部には同じ通し番号をつけて、葉鞘部水分含有率が個別に識別できるようにした。その後切り取った葉鞘部を乾燥機で70℃, 24時間乾燥させ、乾燥重量を測定し、水分含有率を求めた。

通風乾燥が終わり、葉鞘部を2cm残したタマネギをポリコンテナに収納し、直ちに2℃の冷蔵庫で貯蔵した。供試したタマネギの個数は、各乾燥日数のもの約40個ずつとし、合計197個であった。同年12月15日に冷蔵庫より取り出し、健全球と不良球の個数を調査した。

2. 風速がタマネギの乾燥速度に及ぼす影響

淡路農業技術センター内の同一圃場で2017年6月7日に葉鞘部を10cm残して切り取って収穫した品種‘ターザン’を500kg大型コンテナに入れ、倉庫内で簡易型差圧通風方式により乾燥させた。通風フ

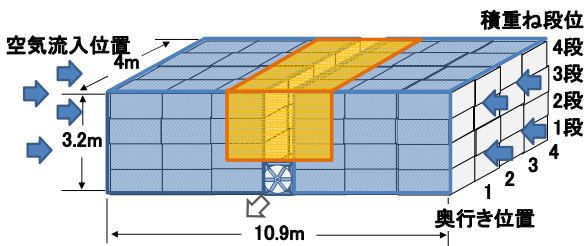


図1 簡易型差圧通風方式の模式図
(コンテナ96基の場合の積み方)
中央の黄色の部分には下部が中空になっているので、支柱の棒などを両側のコンテナに渡してフィルムが吸い込まれないようにする。

ァン2台を供試し、インバーターにより単位時間当たりの回転数を変え、強風区と弱風区を設けて、タマネギの乾燥速度を比較した。各区コンテナをそれぞれ通風ファンの両側に1条ずつ、前後に2列で、2段に積んで8基ずつ乾燥させた。強風区(インバーター16Hz)はコンテナ側面の空気流入位置での風速0.71m/s、弱風区(インバーター8Hz)では風速0.31m/sであった。弱風区の風速は人が空気の流れを感じられる限界の速度を目安にした。風速はホットワイヤー式風速計のセンサーを用いて測定した。センサーを前面の1段目と2段目のコンテナで空気流入位置の中央部付近のタマネギの間に1回ずつ入れ、1回の測定では2秒間隔で10データ以上測定して平均を求めた。乾燥処理は6月7日から14日までとし、連続通風した。ネット袋に20球ずつ入れたタマネギ4袋を前面2段目の左右2コンテナに2袋ずつ、コンテナの約半分の深さに埋め込み、2~3日に1回袋ごとの重量を測定した。別にコンテナの中央付近から取り出した20球分ずつのタマネギ葉鞘部(長さ8cm)の水分含有率を試験1の方法と同様に、2~3日に1回測定した。

3. 通風空気温度の違いがタマネギの乾燥速度に及ぼす影響

淡路農業技術センター内の同一圃場にて2017年6月14日に葉鞘部を10cm残して切り取って収穫したタマネギ‘もみじ3号’を500kg大型コンテナに収納して倉庫内で簡易型差圧通風により乾燥させた。試験区として温風区は、コンテナの周囲全体をブルーシートで覆い、その中にプロパンガスエアヒーター(Thermobile GA-60E)で加熱した空気を送り、サーモスタットによりコンテナ内を30℃の空気が通るようにして乾燥させた。対照として常温区は無加温空気を通風して乾燥させた。両区とも空気流入位置での風速0.73m/sで連続通風した。試験規模は各区500kg大型コンテナ8基ずつを通風ファンの両側に1条ずつ、前後に2列、2段に積んで1試験区とした。乾燥開始日は収穫2日後の6月16日、乾燥終了日は6月23日とした。ネット袋に20球ずつ入れたタマネギ8袋を2段目の前後左右4コンテナに2袋ずつ、コンテナの約半分の深さに埋め込み、2~3日に1回袋ごとの重量を測定した。また別に2段目のコン

テナの中央付近から取り出した 20 球分ずつのタマネギ葉鞘部(長さ8cm)の水分含有率を試験1の方法と同様に2~3日に1回測定した。

4. 現地における 500kg 大型コンテナを用いた乾燥実証

南あわじ市賀集で2018年6月14日に葉鞘部を10cm残して切り取って収穫し、500kg大型コンテナに収納したタマネギ‘ターザン’72基と、6月18日に収穫、収納した‘もみじの輝’24基を同集落の倉庫(18×10m)に持ち込んだ。コンテナの配置は図1のように倉庫内の10.9×4mの空間に通風ファンの片側には左右に3条、前後に4列、高さは4段に積み通風ファンの両側合わせて96基とした。6月15日に

表1 貯蔵前の葉鞘部水分含有率が貯蔵後の軟球発生に及ぼす影響 品種‘ターザン’

葉鞘部水分含有率(%)	調査個数	軟球個数	軟球発生率(%)
~30	1	0	0.0
30~35	2	0	0.0
35~40	2	0	0.0
40~45	5	0	0.0
45~50	6	0	0.0
50~55	19	0	0.0
55~60	16	3	12.5
60~65	18	7	38.9
65~70	15	3	20.0
70~75	19	6	31.6
75~80	37	10	27.0
80~85	31	16	51.6
85~90	26	10	38.5

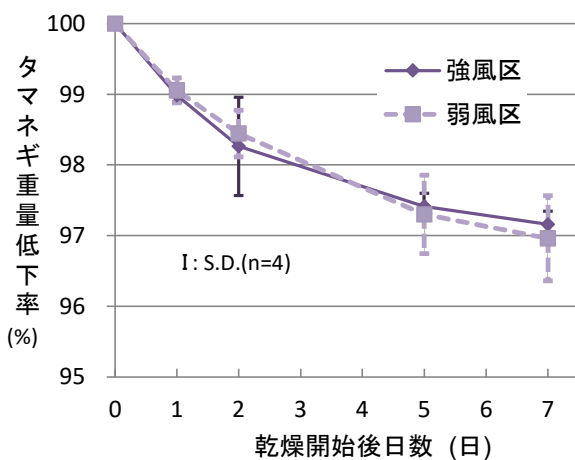


図2 風速の違いがタマネギ重量の減少に及ぼす影響 品種‘ターザン’

強風区：風速 0.71m/s
弱風区：風速 0.31m/s

は‘ターザン’を奥側3列、6月19日には‘もみじの輝’を前側1列に積み込み、6月15日から簡易型差圧通風方式で乾燥を行った。乾燥させるコンテナ数が試験2の10倍以上になることから、通風ファンはインバーターを用いず、定格周波数60Hzのままで作動させた。96基の配置が揃った6月19日、通風ファン稼働中に、前後の列と段数の異なる位置のコンテナ側面での風速を測定した。また、乾燥中1~3日に1回、最上段の‘ターザン’と‘もみじの輝’の入ったコンテナ5基ずつの中央部から2球ずつ取り出した20球のタマネギ葉鞘部(長さ8cm)の水分含有率を試験1の方法と同様に測定した。

結 果

1. タマネギ葉鞘部水分含有率が貯蔵性に及ぼす影響

葉鞘部水分含有率が異なるタマネギの約6か月冷蔵後には、固く締まった正常なタマネギと表面近くの鱗葉の水分が抜けて軟らかくなったもの(軟球)が生じた。葉鞘部水分含有率を5%ずつで分けし、55%以下のタマネギでは軟球は発生せず、水分含有率が55%を超えるタマネギでは12.5~51.6%の率で軟球が発生した(表1)。

2. 風速がタマネギの乾燥速度に及ぼす影響

強風区と弱風区でのタマネギの乾燥に伴う重量変動は、乾燥開始時を100とした重量低下率(%)で表すと両区ともに乾燥開始後1日で99%となり、その後ゆるやかに減少し、7日で97%となった(図2)。風速による重量低下の差は認められなかった。

葉鞘部の水分含有率は、両区とも乾燥開始時は約85%で、日数が経過するとともに減少し、乾燥開始後7日で平均55%となった(図3)。

3. 通風空気温度の違いがタマネギの乾燥速度に及ぼす影響

30℃の温風を通風して乾燥させた温風区のコンテナ内温度は、途中3回温風機のトラブルで温度が低下することがあったが、それ以外はほぼ30℃を保ち、平均温度は29.5℃であった(図4)。一方、常温区は6月中旬の気温に連動して、20~30℃の間で上下し、平均24.0℃であった。相対湿度は温度が高い時には、温風区で低くなった。タマネギの重量の

変動は乾燥開始 1 日後から温風区が常温区より重量低下が大きく、その差は乾燥日数が経過しても縮まらなかった(図 5)。重量低下率は、乾燥開始 7 日後

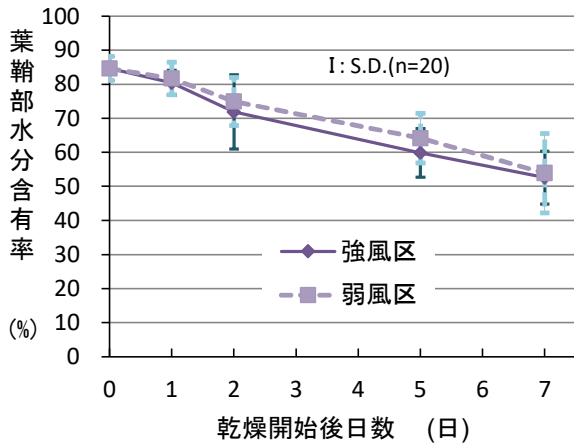


図 3 風速の違いがタマネギ葉鞘部水分含有率に及ぼす影響 品種 ‘ターザン’

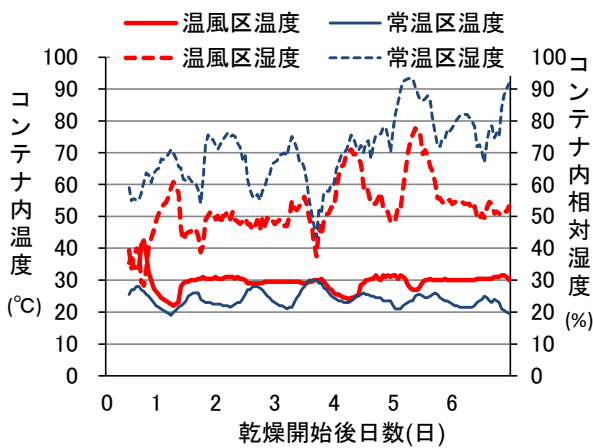


図 4 温風区と常温区でのタマネギ乾燥中のコンテナ内温湿度の推移

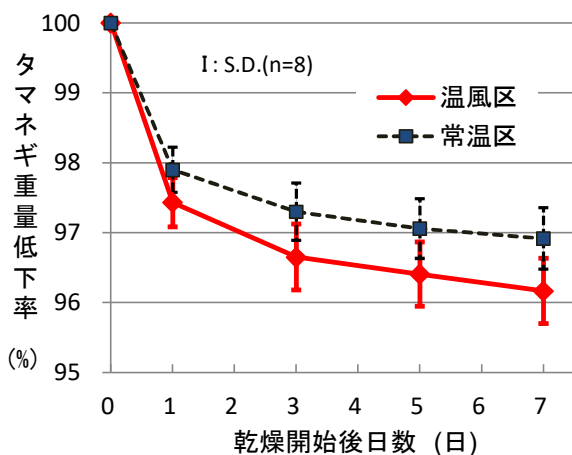


図 5 通風空気温度の違いがタマネギの重量の減少に及ぼす影響 品種 ‘もみじ 3号’

には常温区で 96.9%, 温風区は 96.2%であった。

乾燥開始時 87%であった葉鞘部水分含有率は、両区とも乾燥 1 日後には 73%前後で差はなかったが、3 日以降温風区の方が低い値となり、温風区は 5 日後には 53.6%, 常温区では 7 日後に 52.1%となった(図 6)。

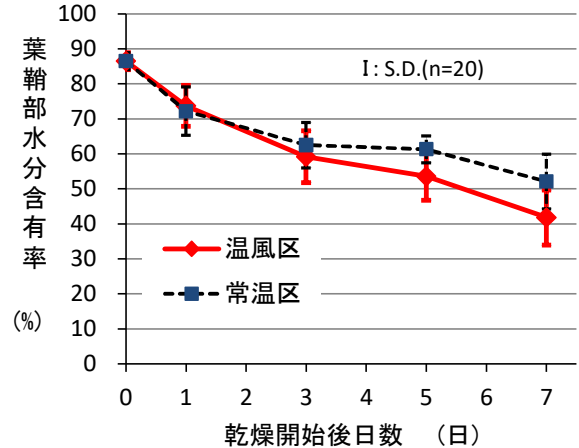


図 6 通風空気温度の違いがタマネギの葉鞘部水分含有率に及ぼす影響 品種 ‘もみじ 3号’

表 2 積重ね段位と奥行き位置でのコンテナ内の風速の違い (m/s)

積重ね段位	前←奥行き位置→奥				平均
	1	2	3	4	
4段目(上)	1.03	1.03	1.16	0.93	1.04 ^a
3段目	1.11	1.05	1.14	0.96	1.07 ^a
2段目	0.92	1.11	1.14	1.01	1.05 ^a
1段目(下)	0.93	0.99	1.03	1.01	0.99 ^a
平均	1.00 ^{ab}	1.05 ^{ab}	1.12 ^a	0.98 ^b	

数字右肩の英文字はTukey検定の結果、行または列の異なる文字間で5%水準で有意

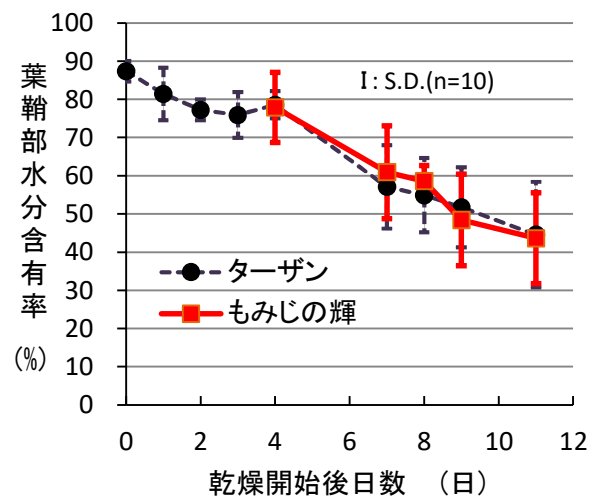


図 7 96 基乾燥時の乾燥開始後日数と葉鞘部水分含有率の推移 ‘もみじの輝’ は ‘ターザン’ の乾燥開始 4 日後に乾燥を始めた。

4. 現地における 500kg 大型コンテナを用いた乾燥実証

大型コンテナ 96 基(0.8ha 分)を図 1 のように積重ね、60Hz で通風ファンを回転させた時の、前後位置 1~4 と積重ね段位 1~4 段の左右の空気流入位置での風速を表 2 に示した。どの位置においても 0.9m/s 以上の風速となり、積重ね段位による風速の差はなかったが、奥行き位置で 3 列目よりも 4 列目の位置で風速が弱かった。

先に乾燥を始めた‘ターザン’で葉鞘部水分含有率が 3 日目で 76%まで乾燥したが、4 日目に‘もみじの輝’が追加されると、両品種とも 79%となり、その後両品種の葉鞘部水分含有率はほぼ同じ値で推移した(図 7)。「ターザン」では乾燥開始後 9 日目、途中から乾燥を開始した‘もみじの輝’では‘ターザン’と同日の乾燥開始後 5 日目に葉鞘部水分含有率は 50%前後になった。

考 察

タマネギを貯蔵する場合の乾燥については、30%程度の重量を減らすニンニク(横井ら,1975)に比べ、重量の減少は少なく、乾燥が進むにつれて外皮のみならず球内部の鱗葉が水分を失っていくため、乾燥が進みすぎると商品性が低下する。このため、どこで乾燥を終了すればよいか判断しにくく、現場では葉鞘部基部を触った感触で乾燥の程度を判断している。タマネギ乾燥終了の見分け方として阿部ら(1993)は(1)首の部分から完全に水分が抜けていること。(2)根がからからに乾いて手で容易に取れること。この時の球の乾燥率は約 3%だと記述している。しかしながら、乾燥率(重量低下率)は収穫直後の水分状態によって変動するため、絶対的な数値とはならない。このため葉鞘部の水分含有率を目安としたほうが安定した乾燥終了の目安となる。

淡路島では 6cm 以上首(葉鞘部)を残して収穫するため(大西ら, 1978), この葉鞘部を本報告では 10cm 残した状態で収穫し、水分含有率を測ることで乾燥終了の目安を検討することにした。乾燥による貯蔵性の向上効果を明らかにするため、葉鞘部の水分含有率が異なる状態で冷蔵し、冷蔵後の状態を調べると、水分含有率が 56%以上で冷蔵したタマ

ネギの中には表面が柔らかくなるもの(軟球)が生じたが、55%以下で冷蔵したものは全て正常であった。葉鞘部の水分が多いまま貯蔵すると、貯蔵中に切口から水分が抜けて軟球になりやすいと考えられる。以上の結果より、水分含有率の平均が 55%以下になる時を乾燥終了の目安とした。ただし、平均値で 55%とした場合、ばらつきにより乾燥が不足する個体もあることから、注意が必要である。

通風する時の風速は強風区 0.71m/s、弱風区 0.31m/s であったが、タマネギの重量減少には差はみられず、葉鞘部水分含有率の減少もほぼ同じであった。したがって、風速 0.31m/s 以上の通風で乾燥は可能だと考えられた。葉鞘部を長さ 10cm 残すという条件では風速 0.31m/s 以上で十分と考えられるが、さらに葉を長く残して収穫した場合などについては、強い風速で通風する必要があるかもしれない。

乾燥の温度については、柳田ら(1979)はニンニクの乾燥について、13~40℃では 40℃が乾燥速度は速いが、40℃では外皮にしわが寄って品質が低下すること、片平ら(1998)はニンニクで 40~80℃では 80℃で乾燥速度が速いが、50℃以上では褐変が生じることなどを記述している。このため、タマネギでも 40℃以上の高温では生理的な障害が生じる恐れがある。今回、タマネギにおいて常温の 24℃よりも 29.5℃の空気を通風する方が速く乾燥した。乾燥速度は周辺大気の相対湿度の影響をうけるので、5.5℃の違いにより乾燥速度が速くなったというのは、29.5℃の方が 24℃より相対湿度が、低いことによる影響も大きいと考えられる。また、29.5℃の温度は常温でも生じうる温度であり、タマネギの品質に影響を与えることはないと考えられる。

供試した通風ファン 1 台でどれだけの量のタマネギが乾燥できるかは、乾燥コストを考える上で重要であるが、簡易型差圧通風方式での報告はみられない。全国農業協同組合連合会で開発されたタマネギの温風乾燥機(全農生産資材部, 2016)では 1 度に 500kg コンテナのタマネギ 20 基(10t)分を乾燥できるとしているが、簡易型差圧通風方式で、常温の空気を流すのであれば、通風ファン 1 台で通風時に乾燥可能な最低限の風速が得られればよい。今回の実証では、1ha 分のタマネギを 1 台の通風ファンで乾

乾燥させることを目標として、コンテナ 96 基(約 50t,0.8 ~1ha 分)を乾燥させる実証を行った。図 1 のように通風ファンを挟んで両側にコンテナ長辺方向に 3 基ずつコンテナを並べたため、1 基ずつ並べた場合に比べて空気流入位置の開口部面積は 1/3 ですみ、風速もそれだけ速くなったと考えられる。さらに、開口部で測った風速はどの位置のコンテナでも 0.9m/s 以上あり、先に述べた乾燥が可能な風速の 0.31m/s をはるかに上回った。

タマネギ栽培の現場では、収穫時期の異なるタマネギを 1 つのファンで乾燥させることも想定される。今回の乾燥実証では、途中でコンテナを追加しながら 96 基としたが、乾燥を始めた時の 72 基と 4 日後に追加した 24 基はともに同じ日に葉鞘部水分含有率が 55%を下回り、乾燥できた。4 日後にコンテナを追加した時、最初に設置したコンテナのタマネギの葉鞘部水分含有率は追加したコンテナのタマネギに影響され、一度水分含有率が上昇したが、その後ほぼ同じ数値で減少していった。これは水分含有率が高い‘もみじの輝’を追加搬入することで系内の湿度が上昇し、一度水分含有率が低下した‘ターザン’が水分を吸収したのではないかと考えられる。以上の結果より、コンテナ 96 基(約 50t)のタマネギを 9 日間で乾燥させることが実証できた。

謝 辞

本研究は生研支援センターの革新的技術開発緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)により行われました。研究の推進にあたり、現地での実験に協力いただいたあわじ島農業協同組合の不動隆永氏、神田智彦氏、アグリア일랜드の土居利幸氏、南淡路農業改良普及センター(当時)の岩田均氏、中西幸太郎氏に感謝します。

引用文献

- 阿部定浩・畑中篤・末永重男・三品和敏・真田康子(1993):タマネギの温風乾燥法 第 2 報 乾燥条件と腐敗率. 東北農業研究 46, 271-272
- 片平光彦・元村佳恵・戸次英二(1998):生ニンニク球根の予措乾燥における褐変とフェノール性物質に及ぼす温度の影響. 日本食品化学工学会誌 45(1), 10-15
- 加藤祐子(2014):海外仕様でタマネギの大量・安定供給を目指す. 農業経営者 8, 48-49
- 岸本基男・置塩康之・大西忠男(1979):タマネギの機械収穫と乾燥・貯蔵に関する研究 第 5 報 タマネギの収穫・貯蔵作業体系. 兵庫県農業総合センター研究報告 28, 19-22
- 三室元気・守川俊幸(2016):タマネギ収穫調製法が細菌性の鱗茎腐敗症の発生に及ぼす影響. 植物防疫 70,582-588
- 大西忠男・岸本基男・置塩康之(1978): タマネギの機械収穫と乾燥・貯蔵に関する研究 第 2 報 剪葉位置および打撲傷が腐敗におよぼす影響. 兵庫県農業総合センター研究報告 27, 19-22
- 大西忠男・岸本基男・置塩康之・入江和巳・森俊人・上岡誉富(1981): タマネギの機械収穫と乾燥・貯蔵に関する研究 第 6 報 兵庫式改良貯蔵小屋での貯蔵による灰色腐敗病の防止効果. 兵庫県農業総合センター研究報告 29, 83-90
- 柳田雅芳・工藤洋一・横井正治(1979):ニンニクの乾燥と貯蔵について. 東北農業研究 25, 149-150
- 横井正治・鳴海勇蔵(1975):ニンニクの強制乾燥について. 東北農業研究 17, 250-251
- 全農生産資材部(2016):タマネギ乾燥機いよいよ登場 グリーンレポート, 559, 20-21.

Pre-drying Method for Onions Stored in Large Containers of 500 kg by Simple Differential Pressure Ventilation.

Masahiro TAKEGAWA and Kazuhide MURAKAMI

Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, Kasai 679-0198

Corresponding: Masahiro TAKEGAWA (fax: +81(0)790-27-8433, e-mail: masahiro_takegawa@pref.hyogo.lg.jp)

A method of pre-storage drying of onion in a large container of 500kg was studied using simple differential pressure ventilation.

In addition, a demonstration was conducted to dry 50 tons of onions (96 containers).

1. Onions whose water content of leaf sheath was dried to 55% or less by ventilation drying hadn't soften even when stored at a temperature of 2°C for about 6 months.
2. Onions could be dried at a wind speed of 0.31 m/s at the air inlet to the container.
3. Ventilation with air at 29.5°C allowed the onions to dry faster than at 24°C.
4. In 9 days, 50 tons of onions could be dried with one fan (3.7kW, 60cm fan diameter).

Key Words : onion, pre-storage drying, large container, differential pressure ventilation