



持続可能な綿花の温室栽培に関する 研究・調査報告書

ヴァーヘニンゲン大学・研究センターおよびDutch Cotton社との共同プロジェクト

執筆： Filip van Noort

ヴァーヘニンゲン大学・研究センター 農作物スペシャリスト

協力： Rebecka Sancho

G-Star サステナビリティ責任者

オランダでの持続可能な綿花の温室栽培

：綿花生産における環境保護の推進

持続可能な綿花の温室栽培研究プロジェクトは、オランダでの温室を利用した綿花栽培の実現可能性と将来性を模索するための先駆的な取り組みです。本プロジェクトは、持続可能性に重点を置き、温室での綿花栽培が環境と経済に与える影響を調査し、持続可能な農業および紡織業の推進におけるその役割を考えることを目的としています。G-Starが、Dutch Cotton社およびヴァーヘニンゲン大学・研究センター（BU温室・園芸学科）の農業専門家らの協力を得て、従来露地栽培に代わる持続可能な選択肢として、温室での綿花栽培の実現可能性と将来性の研究・調査を行いました。

目的

1. 温室で育てた綿花の品質、収穫量、および繊維特性を、異なる環境条件および栽培手法の下で調査する。
2. 温室での綿花栽培の環境フットプリントを、従来の綿花栽培と比較し、水使用量、エネルギー消費、温室効果ガス排出量、および化学農薬の使用などの点で評価する。
3. 精密灌漑、総合的な害虫管理、および再生可能エネルギーの利用など、最適化された温室管理手法を通じて、環境への影響や利用資源の削減の可能性を評価する。
4. 生産コストおよびバリューチェーンの統合を考慮し、温室での綿花栽培の経済的な実現可能性および市場潜在力を分析する。

主な活動内容

1. 温室の設置およびインフラ: 気候制御システム、灌漑インフラ、再生可能エネルギー源、および資源効率の高い手法を取り入れ、綿花栽培に最適な温室設備を設計し、設置する。
2. 作物の栽培および管理: 持続可能な農業慣行、土壌健康管理、および生物多様性の保全に焦点を当てた温室綿花生産に合わせた栽培プロトコルを実施する。
3. 環境負荷評価: 従来の方法と比較して、温室綿花栽培の環境面での利点およびトレードオフを定量化するための包括的なライフサイクルアセスメントおよび環境影響分析を実施する。
4. 経済的実現可能性の分析: 費用対効果分析を通じて、温室綿花栽培の経済的な実行可能性および投資利益率を評価する。
5. ステークホルダーの誘致および知識の普及: 研究成果を共有し、対話を促進し、持続可能な綿花生産プラクティスに関する知識交換を促進するために、農業、繊維、および持続可能性の各セクターのステークホルダーとの関係構築を行う。

結果

1. 綿花栽培および紡織における環境への影響の削減、資源効率の向上、および社会経済的レジリエンス（強靱性）の強化のためのベストプラクティスおよび戦略の特定。
2. 温室綿花栽培が従来の方法に代わる持続可能な選択肢となりうる可能性について、業界関係者や研究者に情報を提供するための科学的証拠およびデータに基づくインサイトの作成。
3. 持続可能な綿花生産プラクティスおよび技術の導入を加速するためのイノベーション、協力、および能力構築の取り組みの促進。
4. 地域的およびグローバルな農業セクターにおける持続可能な開発目標、気候レジリエンス、および環境管理面での取り組みへの貢献。

持続可能な温室での綿花栽培研究プロジェクトは、持続可能性を促進し、農業システムのレジリエンスを強化することで、綿花産業をより強靱なものにするための重要な一歩となります。本プロジェクトは、協力と関係構築を通じて前向きな変革を促進し、オランダおよび世界における綿花生産と紡織業のより持続可能な未来を創造することを目指しました。

温室で綿花栽培を行う利点

温室で綿花を育てることには、以下のような多くの利点があります。

1. **収穫量の最大化:** 温室では、温度、湿度、光量、換気などの要素を調整し、植物の生長に最適な条件に沿った環境を作り出すことができるため、収穫量が大幅に向上します。

研究の結果、使用する土地が大幅に削減され、1ヘクタールあたりの効率が大幅に向上することが分かりました。今回最も効率性の高かったものでは、1平方メートルあたりの綿花の収量が1.2kgに達し、これは屋外で栽培される平均的な株の5倍から23倍の量に値します。これをさらに最適化すべく、新しい栽培システムの試験が予定されています。

2. **栽培期間の長期化:** 温室は制御された環境のため、自然の栽培時期外でも栽培が可能です。これにより、年間を通じた生産が可能となり、全体的な生産性が向上します。

本研究の目的を考慮し調べたところ、綿花は温度や光量を特に大きく引き上げることなく、11月末まで収穫が可能でした。

3. **天候からの保護:** 温室は、霜、ひょう、過度の暑さ、風、豪雨などの厳しい天候条件から植物を保護し、被害を最小限に抑えて、一貫した成長を確実なものにします。

温室栽培を行うことにより、砂や埃が綿花を汚染しないため、生産された綿花はより清潔な状態を保っていました。さらに、温室で育てた綿花は、屋外で育ったものよりも白さの度合いが優っていました。

4. **病害虫の制御:** 温室内で綿花を育てることで、害虫や病気の被害を防ぎ、農薬の使用を減らして、生産される綿花の損失を最小限に抑えます。

この研究では、綿花は合成／化学農薬を使用せず、自然栽培で育てられました。

5. **節水:** 温室環境では、効率的な灌漑システムや水管理の手法を利用することで、露地栽培に比べて水の使用量を削減できます。

この研究では、綿花1キロあたり、推定で最大約95%の節水が達成されました。使用された水はすべて収集された雨水で、これもさらに再利用されました。

6. **土壌侵食の軽減:** 温室環境内でポットを使用して綿花を育てることで、従来の畑での栽培に比べて土壌侵食が最小限に抑えられます。ポットは植物の生育環境を保持し、風や水による侵食から守ります。これにより、土壌の流失が減少し、土壌の肥沃度が保たれ、長期間にわたって土壌の健全性が維持されます。

この研究では、複数の異なるサブストレート（培地）を使用しましたが、ポットでの栽培による土壌への影響はありませんでした。

7. **地元生産:** 温室は地域でのローカル生産を可能にし、長距離輸送の必要性を減らし、地域社会の安全性と持続可能性を促進します。

このプロジェクトで生産された綿花の移動距離は、温室から最終製品まで643kmでした。最終製品としての衣料品の平均輸送距離（原材料の輸送を除く）は約9,696kmです。

8. **植物の長寿化:** 温室環境では、植物を複数のシーズンにわたって維持することが可能です。

研究で最も良い育ちを見せたものを選抜し、種子の生産や挿し木を行いました。このプラクティスの必要性を判断するためには更なる研究が必要となりますが、ブライスヴァイクで最も長寿の株が現在4年目であることは注目に値します。

総合的に言って、温室栽培は制御かつ保護された環境を提供し、作物の生産性、品質、持続可能性を向上させるとともに、屋外栽培に伴うリスクを軽減します。

温室条件

栽培場所	オランダ・ブライスヴァイク
温室面積	144m ²
品種	Buranda (ブランダ)
株数	100株
栽培時期	3月～12月

成長スケジュール

植え方:

温室内では一条植えと二条植えの両方を実施し、両側にそれぞれ二条植えの畝を5列と一条植えの畝を2列作りしました。本実験では、株の半分を一条植え、残り半分を二条植えで栽培しました。その結果、より空間の余裕があり、側枝の生長が促進される一条植えの方がより優れた生育を見せました。

培地 (サブストレート) :

本実験では、ピートとロックウールの2種類の培地が使用されました。

ピート培地の構成

- 15% ピートリッター フラクション 1
- 70% ピートリッター フラクション 0
- 15% パーライト フラクション 3 (0-6 mm)
- 3.1 kg ドロカル
- 0.5 kg PGミックス NPK 14-16-18

成長キューブ:

- 1 cm³の小型ロックウールキューブ

光環境:

- 光源は自然光のみで、人工的な補光はせずに日光照射による栽培を行いました。外光レベルが800ワット/m²を超える11時から15時の時間帯は、日よけを使用しました。

ヒーティング:

- 夜間は16°C、日中は18°Cの温度で管理し、条件を最適化するとともに、開花期の高湿度を防いでボトリチスリスクを低減しました。

換気:

- 温度が25°Cを超えた場合には、窓を開けて換気を行いました。

湿度:

- フォギング（噴霧）およびヒーティング技術を利用して、湿度を60%から90%に調整することを目指しました。

施肥:

- 綿花に与える水に特定の肥料の混合物を追加し、施肥を行いました。

灌水（水やり）:

- 植物の大きさ、光量、植物の重量に基づいて、一日に数回水を与えました。

品種:

- 成長が小ぶりで、かつ豊富な綿花の生産量で知られるブルンダ品種が、今回の主要な試験用品種として選ばれました。

培地/処置:

- この試験では、2種類の培地（サブストレート）で2通りの植物密度を比較します。

測定

温室環境での綿花の試験栽培では、栽培プロセスのさまざまな側面を評価するため、以下を含む一連の包括的な測定評価を行いました。

生産：

- 試験に使われたロックウール、ピートなどの培地や各種処置ごとの生産高の評価
- 温室面積1 平方メートルあたりの生産量を計算し、効率性と潜在収穫についてのインサイトを取得

綿花の品質：

- 収穫物の製品としての市場適性を判断するため、繊維の長さ、強度、細さなどの綿繊維の品質を評価

光の強度：

- 温室内の光の強度を監視し、植物の生長と発育に最適なレベルを確保

気候：

- 温度、湿度、二酸化炭素（CO₂）量などの環境パラメーターを測定し、綿花にとって好ましい生育条件を維持

水量と施肥：

- 水の使用量と施肥の実施状況を記録し、栽培方法の資源効率と持続可能性を評価

生物的防除と化学的作物保護：

- 環境への影響を最小限に抑えるため、害虫や病気の管理を目的とする生物的防除措置および化学的な作物保護の観察・監視と、その効果の評価

これらの主要な測定値を細かくモニタリングすることで、温室栽培における綿花の生育に関する貴重なインサ

イトを得ることができました。このデータは、最適な栽培方法を理解するうえで有益な情報であり、今後、温室での綿花生産における生産性と持続可能性を向上させていくうえでの指標となります。

温室での綿花栽培の結果

2023年3月初旬、試験用の株の準備から栽培を開始しました。増殖は種子と挿し木の両方で実施しました。2022年に綿花から収穫した種子を植え付けに使用し、また、2022年に育っていた株はそのまま栽培を続け、新たに発芽したものを育てて挿し木に使用しました。

2023年3月10日に、ピートとロックウールキューブの両方を使用して挿し木を実施しました。3月17日の時点で、ピートの挿し木は満足のいく成育を見せていなかった一方で、ロックウールの挿し木はより良い生育を見せました。同時に、3月10日に種子の植え付けを実施し、3月14日に最初の発芽が確認されました。その後、3月17日に苗木をより広い温室区画に移植しました。

前年からの株は2023年4月中旬に開花し始め、最初の挿し木は同年5月3日に、最初の苗木は5月31日に開花しました。収穫は8月初旬から11月まで実施しました。この期間中、綿花の成長と生産は続いていたものの、綿花の品質は期待された水準を満たしませんでした。

生産

本研究の結果から、温室栽培の綿花の生産性と潜在収量に関する貴重なインサイトが得られました。株ごとの生産量を分析することで、綿花の収量を最適化するためのさまざまな栽培方法および環境的要素の有効性を評価することができました。

本章で示される調査結果は、持続可能な綿花生産プラクティスに関する理解を深めるものであり、収穫量と生産性を向上させながら環境負担を減らす手段としての、温室栽培のポテンシャルを浮き彫りにしています。以下の表は、最も良好な生育を見せた畝の結果を示しています。

一条植えの畝	
培地	ピート
植え付け	種子
コットンボールの平均重量	5.1
株数	12
1株あたりの綿花の生重量 (g)	602
平方メートルあたりの株数	1.2
平方メートルあたりの綿花の生重量	903
カビ (%)	29
カビによる損失 (g)	262
1平方メートルあたりの潜在収量	1165

以下の表は、Jewell著「LCA update of cotton fiber and fabric life cycle inventory（仮訳：綿繊維および布地のライフサイクルに関するLCA最新データ報告）」に基づき、インド、中国、アメリカ、オーストラリアの四大綿花生産国における平方メートルあたりの綿花収量データを示したものです。綿花収量は農業生産性を評価する上で不可欠な指標であり、グローバル綿花市場において重要な役割を担います。異なる地域間における収量の差異を理解することは、各国の綿花栽培の効率性と有効性に関する貴重なインサイトを得心することに繋がります。

	収量 kg/m ²	割合で見る差異 kg/m ²	倍数で見る差異 kg/m ²
オランダ	1.2		
インド	0.05	2300%	23倍の綿花量
中国	0.14	757%	8倍の綿花量
アメリカ	0.09	1233%	12倍の綿花量
オーストラリア	0.2	500%	5倍の綿花量

2023年の綿花栽培において、以下の通り、いくつか特筆すべき観察結果が得られました。

- 最も効果的だった培地では、平方メートルあたりの綿花収量が1.2 kgでした。本研究で最も良好な生育を見せた株は、平均的な露地栽培の綿花と比較して5倍～23倍の収穫量が得られました。
- 早期開花：挿し木から増殖した綿花の株は、種子から育てたそれよりも約2週間早く開花しました。
- 樹高の上昇：2023年に栽培された綿花は、通常1.2メートルほどに成長する露地栽培の綿花に比べて樹高が高く、摘心する前で最大3メートル、合わせて最大4メートルにまで達しました。
- 湿度の問題：重要な時期に相対湿度（RV）レベルが高かった際には、一部のコットンボールにボトリチスやムコールなどの病気が発生しました。
- 生産比較：成長キューブでの生産量を比較すると、種子から育てた株の生産量は挿し木からのそれと同等であることが確認されました。

これらの観察結果は、温室環境での綿花栽培に関する貴重な知見となり、将来の栽培プラクティスにおいて、改善や最適化の余地がある部分を明確にします。

気候条件

温室での綿花栽培の成功は、温室環境下で最適な気候条件を作り出し、それを維持することに大きく依存しています。ここでは、光と温度の重要な要素に注目し、それらが綿花の生長と生産性に与える影響を見ていきます。

光

光は植物の生長と発育に影響を与える最も重要な環境要素の一つです。温室での綿花栽培において、光の量と質は綿花の健全性、開花、そして最終的な収量を左右する極めて重要な決定要素となります。本研究では、光合成および植物の総合的な成長に必要なエネルギーは、自然光のみを使用して供給されました。この研究では、光の強度と分散具合を調整し、過度の日光曝露を防ぎ、熱ストレスのリスクを軽減するために遮光スクリーンを使用しました。

温度

温度もまた、温室栽培において、綿花の生長と発育に大きな影響を与える重要な気候要素の一つです。温室内で最適な温度を維持することは、綿花の健全な生長を確実なものとし、開花や結実を促進し、高い収穫量を得るために不可欠です。

日中、最適な範囲の温度を維持することは、綿花の光合成、生長、開花を促進するうえで不可欠です。過度な暑さは熱ストレスを引き起こし、光合成の効率低下や収穫量の減少につながりかねません。一方で、温度が低すぎると、生長と発育の遅れを引き起こす可能性があります。

夜間の温度も綿花栽培において重要な役割を果たし、呼吸、栄養吸収、開花などのプロセスに影響を与えます。夜間、温室内の安定した温度を維持することで、ストレスを防止し、安定した植物の生長と発育を確保することができます。

本研究では、温室温度を夜間は16°C、日中は18°Cに保ちました。エネルギー効率を向上させるため、断熱ガラス、自動気候制御システム、および遮光スクリーンを使用して温度調整を行いました。また、補助的なヒーティングが必要な場合には、ガスを加熱源として使用し、月平均で13m³/m²のガスを使用しました。

これらの重要な気候要素を理解し、注意深く管理を行うことで、綿花に最適な生育環境を生み、収量、品質、および総合的な生産性を最大化することができます。

水と施肥

水管理と施肥は温室での綿花栽培において非常に重要な要素であり、植物の生長、収量、および繊維の品質に大きな影響を与えます。本章では、綿花の温室栽培における水の供給と施肥を最適化するための戦略と技術に着目します。

水やり

水は綿花の生長と発育に不可欠であり、光合成、栄養吸収、蒸散などのさまざまな生理学的プロセスにおいて重要な役割を果たします。綿花の温室栽培において、最適な健康状態と生産性を確保しつつ、水の浪費と環境負荷を最小限に抑えるには、効率的な水の管理が極めて重要です。本研究では、灌漑には雨水のみを使用し、そのうち35%の水を再利用しました。

灌漑システム

温室での綿花栽培においては、効率的な水供給のため、高度な灌漑システムに依存することが多々あります。本研究で利用したシステムのひとつに点滴灌漑があり、これは水の供給を正確に制御し、水の損失を最小限に抑えることが可能です。

水の再利用

持続可能性の向上と環境負荷の低減を目指し、栽培には水の再利用システムを利用しました。これらのシステムは流出水を収集し、灌漑用水として再利用できるように処理することで、水資源の節約と全体的な水消費量の削減を可能にしました。

Dagdelen et al. (2006) の研究では、トルコでの綿花生産と灌漑レベルとの直接的な相関関係が示されています。彼らの研究結果によると、約900mmの水の使用で、約5000kg/haの綿花が収穫されました。ただし、これらの数値は土壌の種類、気候、施肥、綿花の品種などのさまざまな要因による影響を受けます。Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012) の研究によれば、1キロの綿花を生産するためには、約10,000リットルの水が必要であると推算されています。

本研究においては、綿花の健全性と活力を損なわずに水使用量を最小限に抑えるため、灌漑手法やその実施を綿密に監視しました。以下は、綿花農場における月ごとの水使用量の概要であり、生長期間を通して平方メートルあたり平均800リットルの水を使用しました。

さらに、使用された水の約35%が再利用されました。これはさらに280リットルの節水となり、合計で約95%の節水を達成したことになります。

月	その月の日数範囲における一株あたりの水量 (CC)
4月	250-1500
5月	500-1600
6月	1000-6000
7月	1000-5000
8月	600-5000
9月	800-2500
10月	200-1000
11月	200-500

温室栽培において、効率的な水管理は非常に重要です。水の再利用を可能にするシステムを導入することで、露地栽培と比較して水の消費量を大幅に削減することができます。水を消費するのは、植物による吸収と冷却のための気化など、システム内での利用のみに制限されます。

施肥

施肥は、綿花の健全な生長と発育、高品質な繊維の生産に必要な栄養素を供給するために不可欠です。温室での綿花栽培では、環境への影響や栄養の流出を最小限に抑えつつ、最適な栄養供給を確保するため、施肥を的確に行うことが重要です。

肥料の使用

本研究では、栽培者が土壌の栄養素レベルを綿密に監視し、綿花に必要な特定の栄養条件を満たすため、必要に応じて肥料を施しました。都度の灌水において肥料混合物を供給し、肥料施用が植物の生長を制限しないよう、排水と培地中の肥料レベルを定期的に測定しました。

効率的な水管理と正確な肥料施用手法の適用により、環境負荷と資源の使用を最小限に抑えながら、綿花の健全性、収量、および繊維の品質の最適化を実現しました。

害虫防除

従来、綿花栽培は病虫害対策として化学農薬に大きく依存してきました。本研究では、これらの有害な化学物質の使用を排除しつつ、綿花の健全性と高い収穫量を維持することを目指しました。

研究では、綿花栽培に適した制御された環境を作るために、先進的な温室技術を利用し、温度、湿度、光量などの要素を細かく調整することで、綿花植物にとって最適な生育条件を整えました。また、生物的防除やコンパニオンプランティングといった自然の害虫対処法を採用し、化学的介入を要しない手法で害虫の防除を行いました。

化学農薬を使用せずに害虫の被害や病気を防ぐことに成功した点は、本研究における主要なハイライトの一つです。温室環境を綿密に監視し、有機的な手法で害虫防除を実施することで、研究チームは栽培期間中を通じて、健康で害虫に強い綿花栽培に成功しました。以下の表は、潜在的なさまざまな病気を排除するために使用された自然の天敵を示したものです。

病虫害	天敵
アブラムシ	シヨクガタマバエ (<i>Aphidoletes aphidimyza</i>)、ヤマトクサカゲロウ (<i>Chrysoperla carnea</i>)、マメハモグリバエ (<i>Diglyphus isaea</i>)
ハダニ	ミヤコカブリダニ (<i>Neoseiulus californicus</i>)、カブリダニ科 (<i>Phytoselius</i>)、チリカブリダニ (<i>Phytoseilus persimilis</i>)
アザミウマ	ナミヒメハナカメムシ (<i>Orius laevigatus</i>)、スワルスキーカブリダニ (<i>Amblyseius swirski</i>)
コナジラミ	ツヤコバチ科 (<i>Enermix, Eretmocerus eremicus</i>)

今回の研究結果は、持続可能な綿花生産において重要な意味を持つものとなり得ます。化学農薬の使用を排除することで、綿花の温室栽培は環境汚染の低減に寄与するだけでなく、農業労働者や周辺の地域住民に対する健康リスクを最小限に抑えることにもつながります。

さらに、本研究で利用された手法は、化学農薬の使用が制限されている地域や特に環境的な配慮が求められる地域での綿花栽培において、妥当な代替手段となり得ます。温室技術と有機的な害虫駆除手法をうまく活用することで、研究チームは化学農薬を使用しない綿花栽培に向けた有効な道筋を示し、綿花産業のより持続可能な未来への道を開いたといえます。

綿花の温室栽培と露地栽培の比較

温室環境と露地環境には、それぞれの利点と課題があります。本章では、水使用量、収穫量、および環境への影響などの要素に焦点を当て、温室環境での綿花栽培と従来の露地栽培を比較します。

水使用量

- 温室栽培の綿花：温室環境では、成長期を通じて平方メートルあたり約800リットル、または一株あたり約400リットルの水が必要です。
- 露地栽培の綿花：屋外で綿花を栽培する際の水供給は、通常、自然の降雨に依存し、必要に応じて灌漑によって補います。露地栽培の綿花の水使用量は、地域の気候条件や灌漑の状況によって異なります。1キログラムの綿を生産するには、約10,000リットルの水が必要とされています。

収穫量

- 温室栽培の綿花：温室栽培される綿花の収量は、栽培手法や環境条件などの要素に依存しますが、平方メートルあたり0.5から1.2キログラム、または一株あたり約450から600グラムです。
- 露地栽培の綿花：露地栽培される綿花の収量は、土壌の質、気候、害虫の影響の大きさなどの要素によって大きく異なりますが、平方メートルあたり0.05から0.2キログラム、または一株あたり約100から300グラムです。

農薬の使用

- 温室栽培の綿花：温室での綿花栽培では、より精密な害虫防除対策が可能のため、化学農薬の必要性が低減します。温室環境では一般的に、生物的防除や監視システムなどの総合的病害虫管理（IPM）手法が採用されます。
- 露地栽培の綿花：屋外での綿花栽培は一般的に、病害虫防除対策として、より頻繁に農薬を散布する必要があります。害虫の影響の大きさ、気象条件、および輪作体系などの要素によって、綿花の露地栽培に使用される農薬の量は左右する可能性があります。

環境への影響

- 温室栽培の綿花：温室での綿花栽培は、環境条件を正確に制御できるため、露地栽培に比べて収量が高く、水使用量が少なくて済みます。しかしながら、温室栽培はヒーティングのためのエネルギーを追加で必要とするため、その分の環境負荷が増します。
- 露地栽培の綿花：屋外での綿花栽培は自然の環境条件に依存するため、ヒーティングや照明といった人工的な調整を必要としません。しかし、露地栽培は害虫の被害、病気、および悪天候の影響を受けやすく、それが収量と品質に影響を与える可能性があります。

温室での綿花栽培には特有の利点があります。温室栽培は、厳密に制御された環境を提供し、生育条件を精密に管理することができます。これにより、平方メートルあたりの収量が一貫して増加し、水使用量が削減され、より優れた品質管理が可能になります。温室栽培は追加のエネルギー使用が必要となるものの、収量の増大と資源効率の向上は多くの場合、伴う環境負荷をはるかに上回る大きな利点となります。

最終的に温室栽培を選択するかどうかは、その地域の気候、水の利用可能性、持続可能性目標などの要素に拠ります。これらの違いをしっかりと理解することで、栽培者は生産方法を最適化し、持続可能で高品質な綿花の収穫を達成するための、知見に基づいた意思決定をすることができます。

参考文献

Aujla, M.S., Thind, H.S., Buttar, G.S. 2004.

Cotton Yield and water use efficiency at various levels of water and N trough drip irrigation under two methods of planting. *Agricultural Water Management* 71 (2005) 167-179.

Dagdelen, N.; Yilmaz, E.; Sezgin, F.; Gurbuz, T. 2005.

Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. *Agricultural Water Management* 82 (2006) 63-85.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. 2012.

A global assessment of the water footprint of cotton consumption. *Ecological Economics*, 87, 75-84.

Jewell, J. 2017.

LCA Update of Cotton fiber and fabric and fabric life cycle inventory: 30-38

Rodrigues da Silva, A.A.; de Arujo Pereira, M.C.; de Sa Almeida Veloso, M.C.; Do

Nascimento, R., Costa Santos Nascimento, E., de Castro Bezerra, C.V.; Costa

Batista, M., de Lima, R.F. 2020.

Root biomass and production of cotton cultivars subjected to saline water irrigation, *Australian Journal of Crop Science* 14(06):965-970.

Sangameshwari, P.; Kumarimanimuthu V.D.; Ganapathy, M. 2018.

Analysis of growing degree days for cotton. Int. J. of Recent Scientific Research vol. 10, issue 03(F), pp 31548-31550.

Shamsi, S.; Naher, N. 2014.

Boll rot of cotton cause by *Rhizopus oryzae* – a new record in Bangladesh. Bangladesh J. Agril. Res. 39(3): 547-551.

Tennakoon, S.B., Milroy S.P. 2002.

Crop water use and water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. *Agricultural Water Management* 61 (2003) 179-194.

Yao, H., Zhang, Y., Yi, X., Zuo, W., Lei, Z., Sui, L, Zhang, W. 2017.

Characters in light-response curves of canopy photosynthetic use efficiency of light and N in responses to plant density in field-grown cotton. *Field Crops Research* 203 (2017) 192-200.

Yilmaz, E., Gurbuz, T., Dagdelen, N. Wzorek, M. 2021.

Impacts of different irrigation levels on yield, water use efficiency and fiber quality properties of cotton irrigated by drip systems. *Euro-mediterranean j. for environmental Integration* (2021) 6:53.

G·STFIR RFIW

..

WAGENINGEN

UNIVERSITY & RESEARCH