



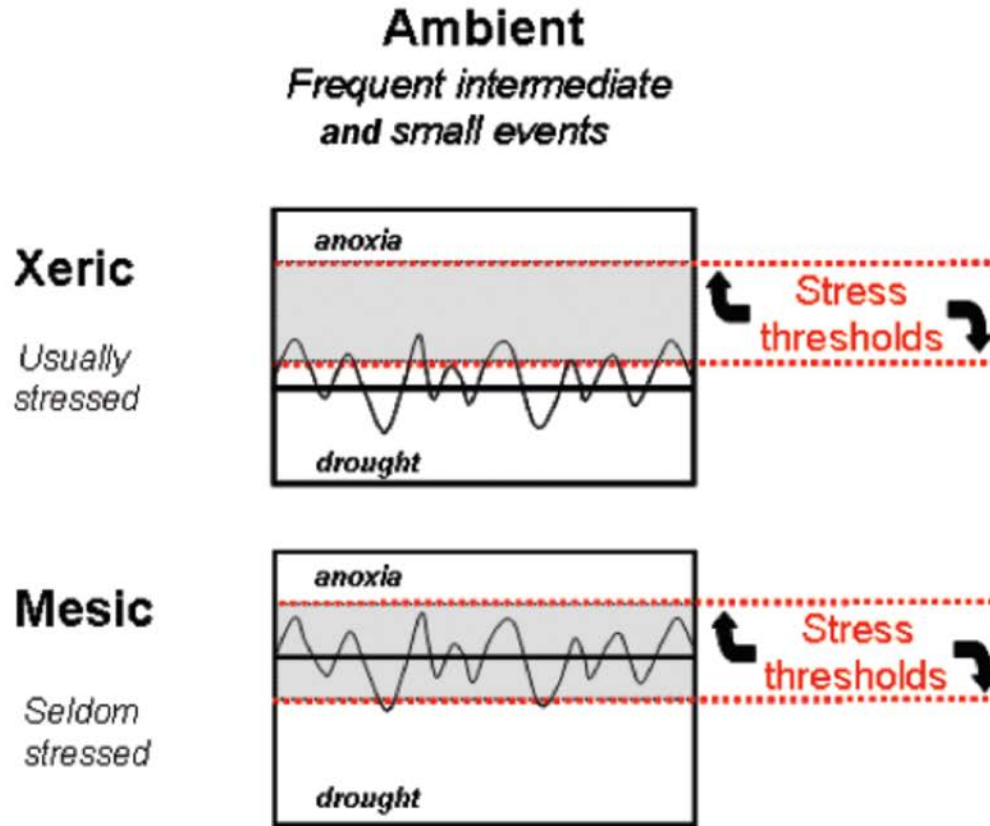
Agrivoltaics:

Co-locating agriculture + photovoltaics to increase food and energy production while decreasing water use

Greg Barron-Gafford



Impacts of 'extremes' on ecosystem function (and the sustainability of our food-energy-water systems!)

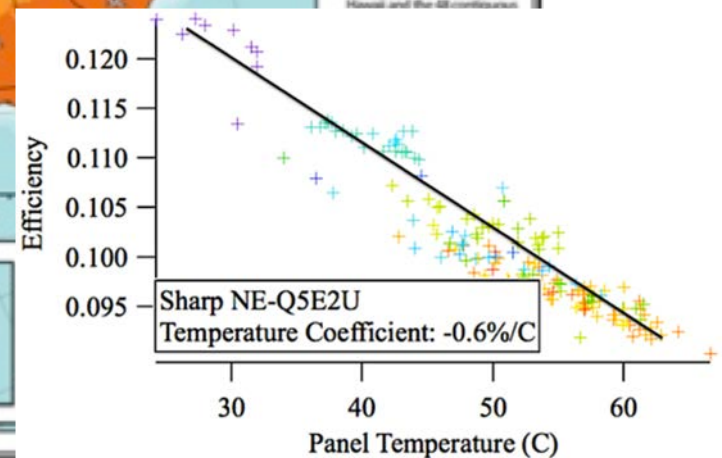
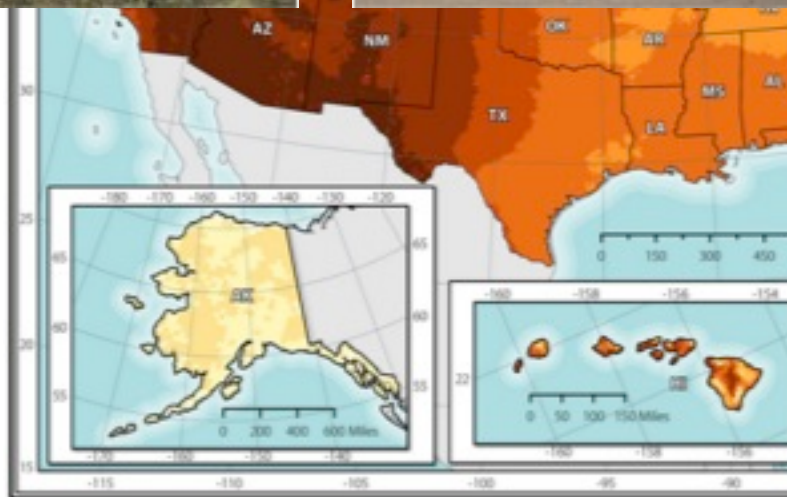


Consequences of More Extreme Precipitation Regimes for Terrestrial Ecosystems

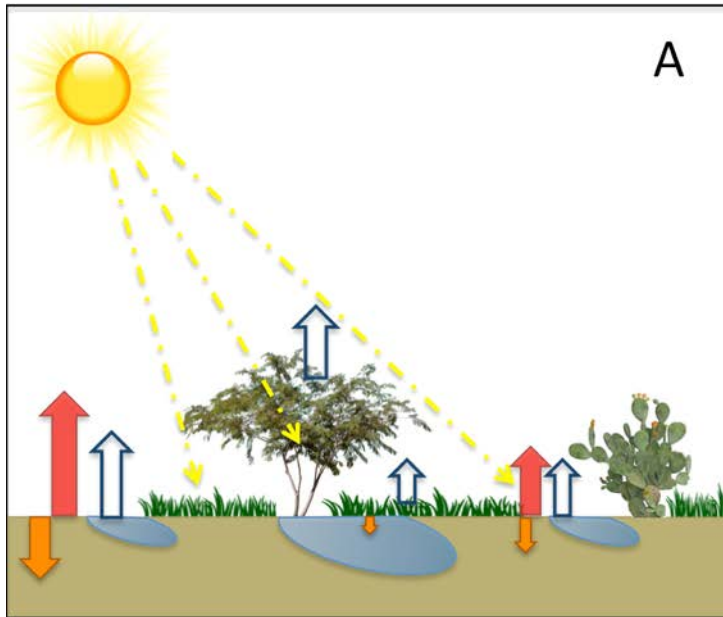
October 2008 / Vol. 58 No. 9 • BioScience

ALAN K. KNAPP, CLAUS BEIER, DAVID D. BRISKE, AIMÉE T. CLASSEN, YIQI LUO, MARKUS REICHSTEIN,
MELINDA D. SMITH, STANLEY D. SMITH, JESSE E. BELL, PHILIP A. FAY, JANA L. HEISLER, STEVEN W. LEAVITT,
REBECCA SHERRY, BENJAMIN SMITH, AND ENSHENG WENG

We want to move to renewables, but those are also vulnerable



What is the “Heat Island effect”?



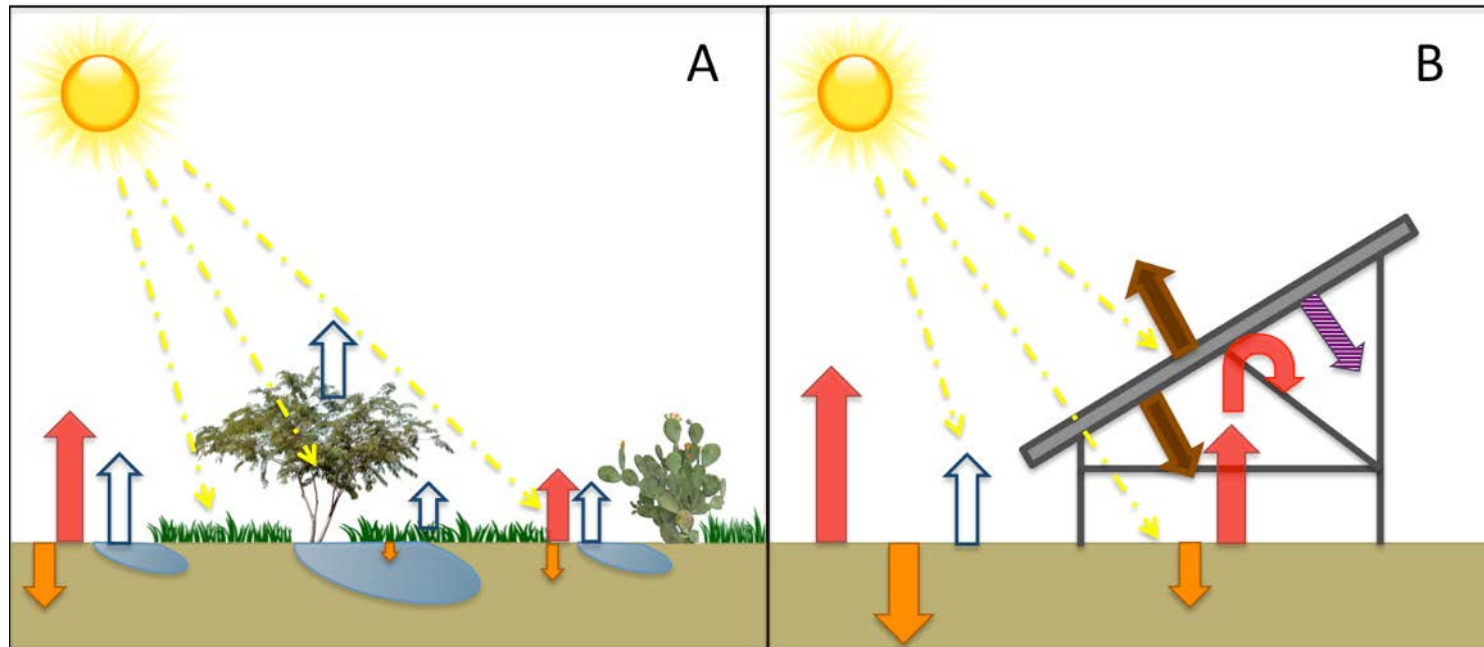
Latent heat = associated with phase changes of water (mostly plant transpiration and evaporation)

Sensible heat = energy transferred that affects the temperature of the atmosphere

“Look deep into nature, and then you will understand everything better”
Albert Einstein

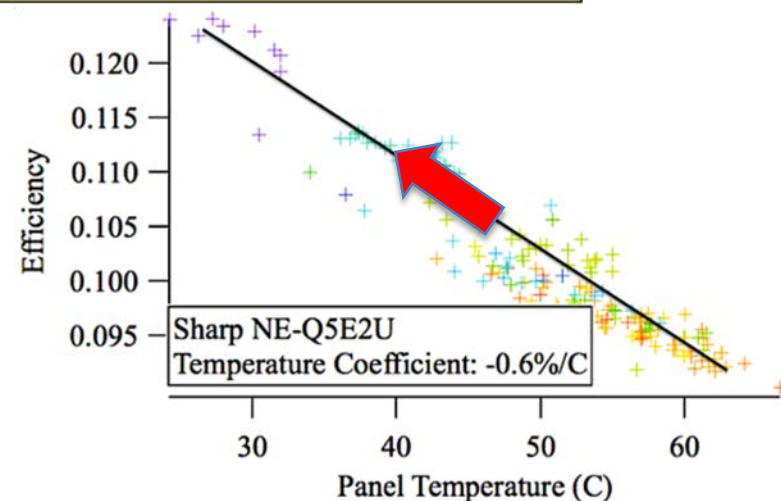


Applying plant & ecosystem ecology to renewable energy & food production

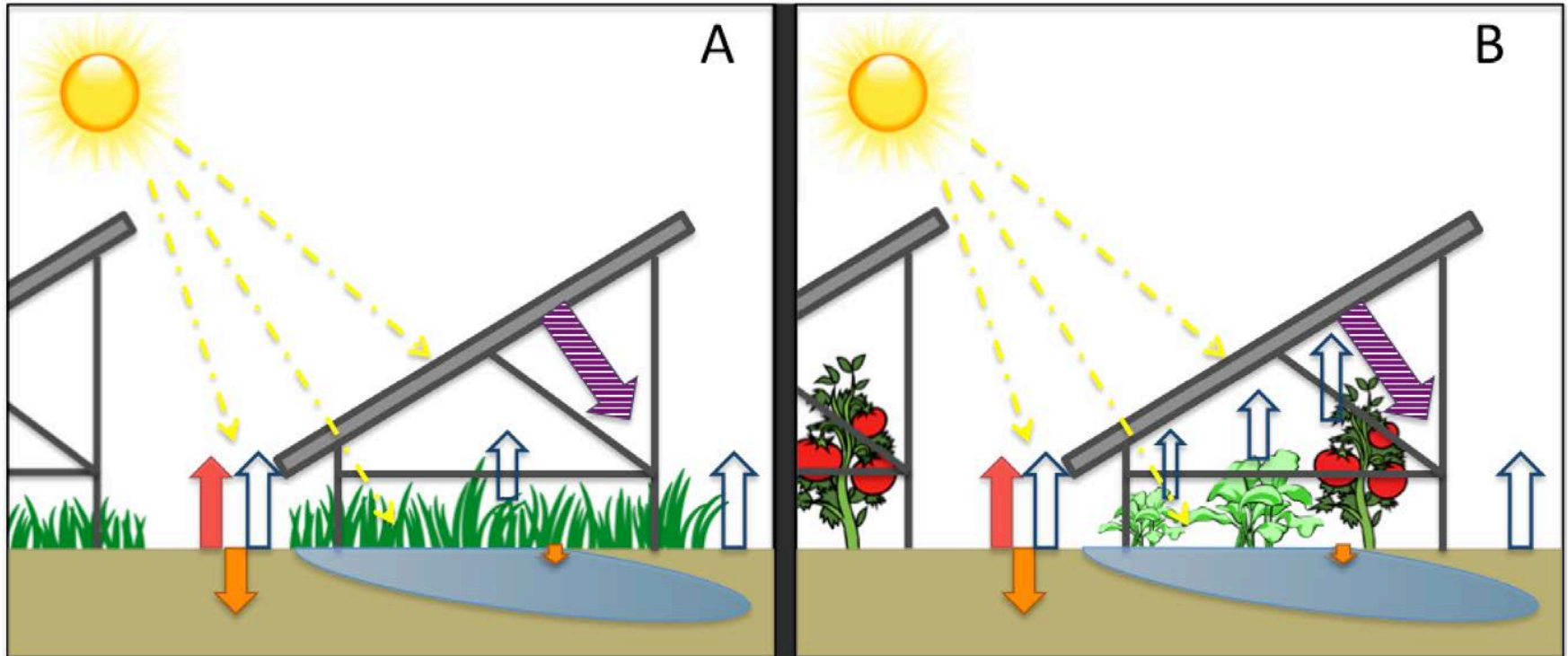


Create *novel ecosystems* to:

1. mitigate solar PV heat island effect
2. to improve renewable energy production
3. adapt food systems to survive peak drought and temperatures

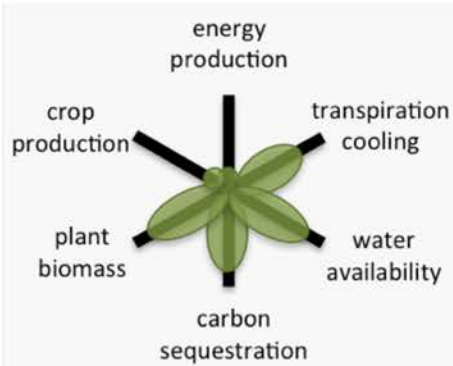


Applying plant & ecosystem ecology to renewable energy production

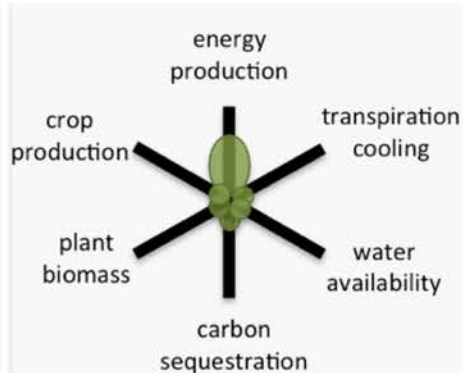


Adding vegetation to renewable energy may yield a suite of quantifiable benefits.

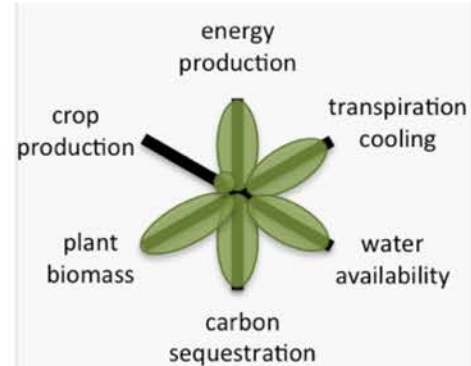
Applying plant & ecosystem ecology to renewable energy production



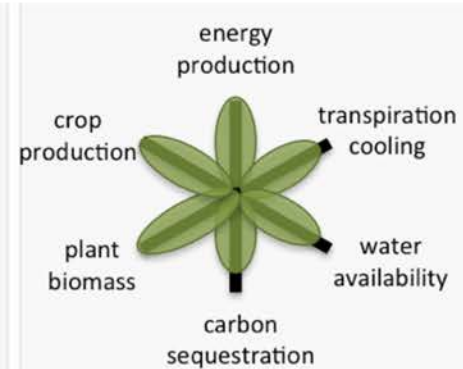
natural ecosystem



photovoltaic installation



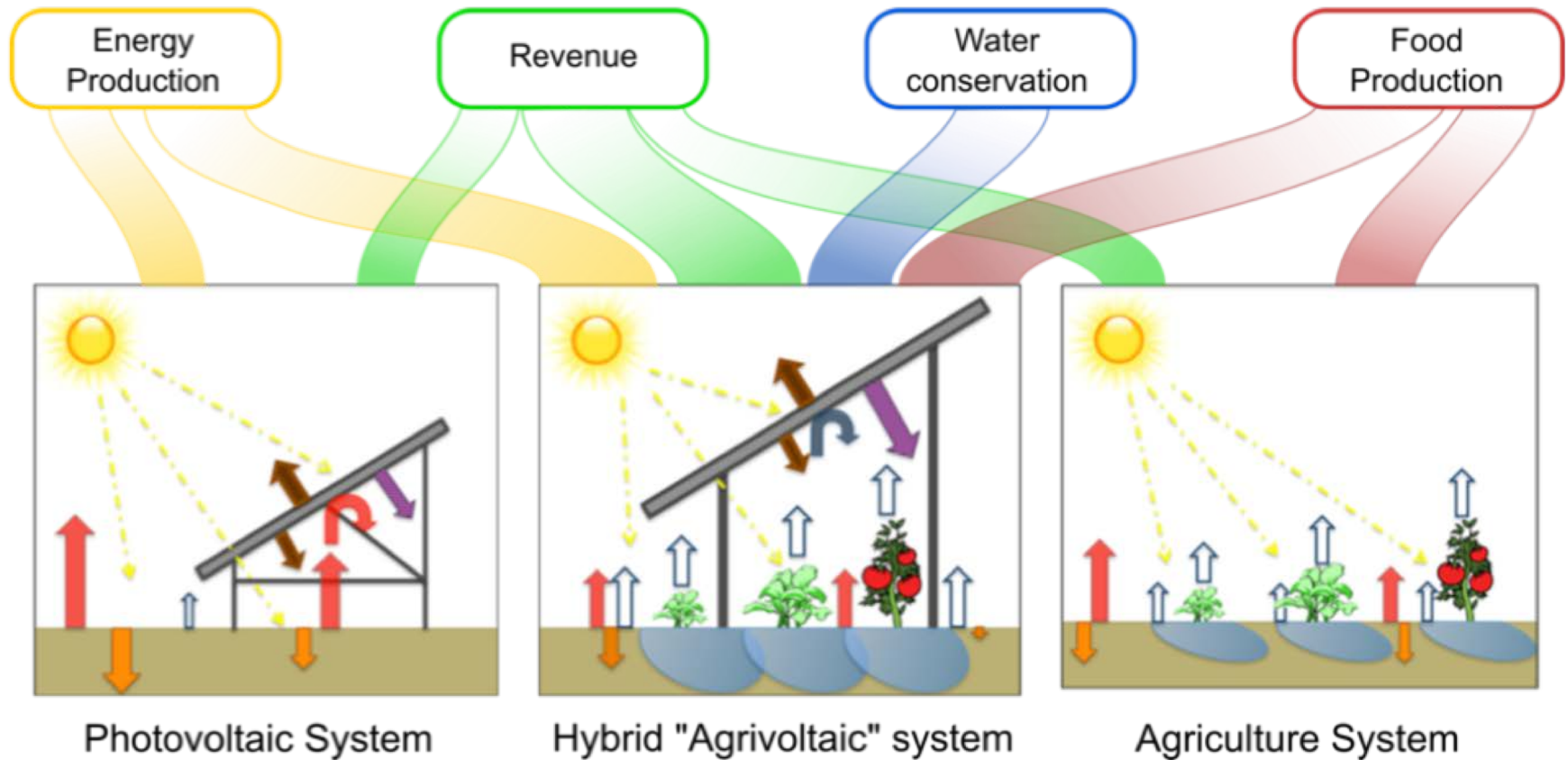
photovoltaic with restored ecosystem



photovoltaic with agroecosystem

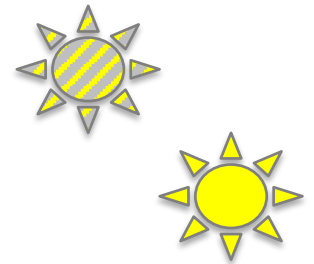
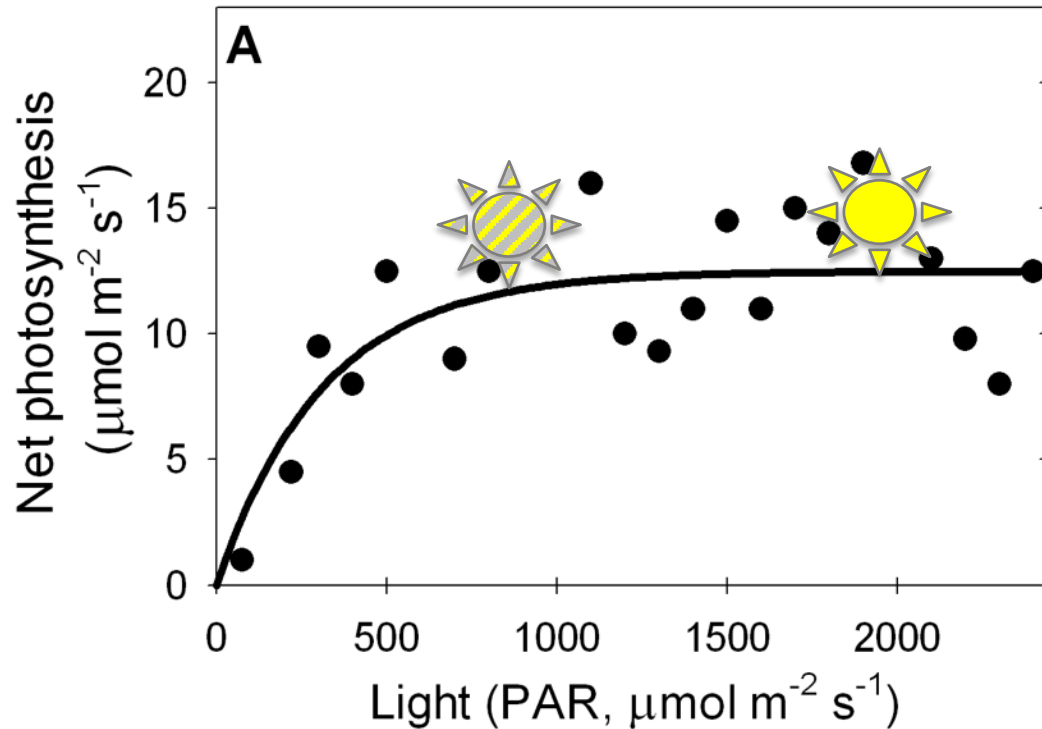
Getting past an “either-or” in terms of our land allocation can open us to many important ecosystem services

Applying plant & ecosystem ecology to renewable energy production



Getting past an “either-or” in terms of our land allocation can open us to many important ecosystem services

Can plants handle being grown in the shade?

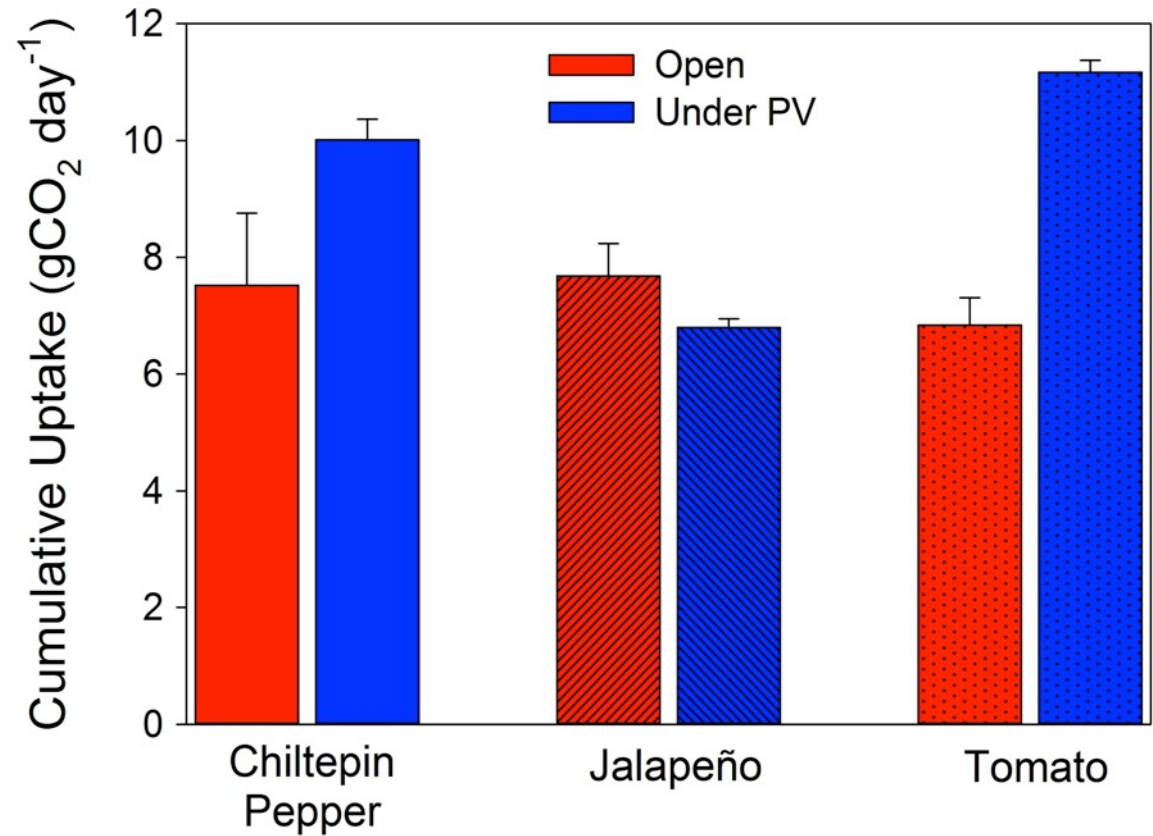


We have to do the research to really identify which plants are suitable for this approach!

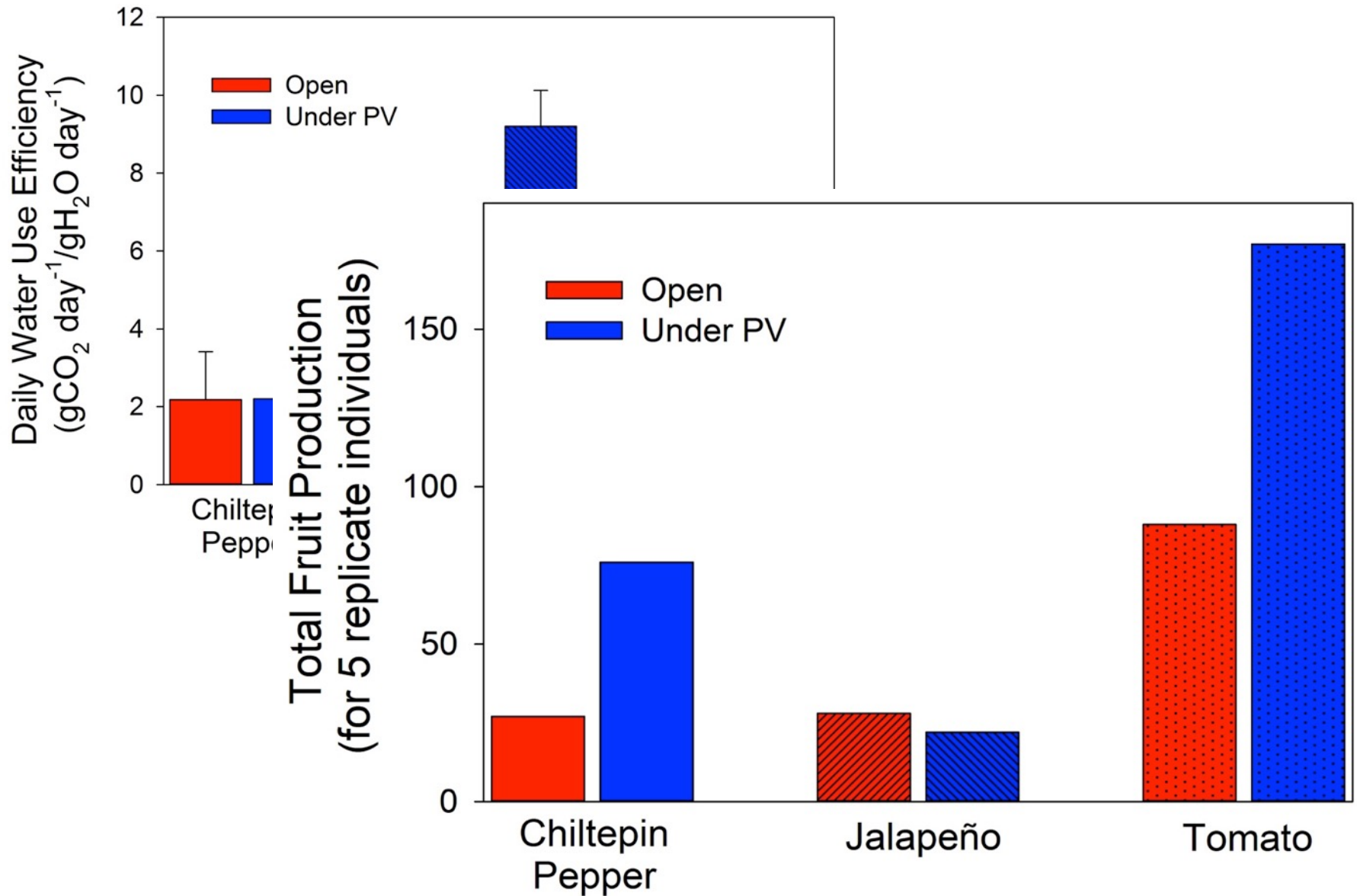
Biosphere 2 Agrivoltaics Learning Lab



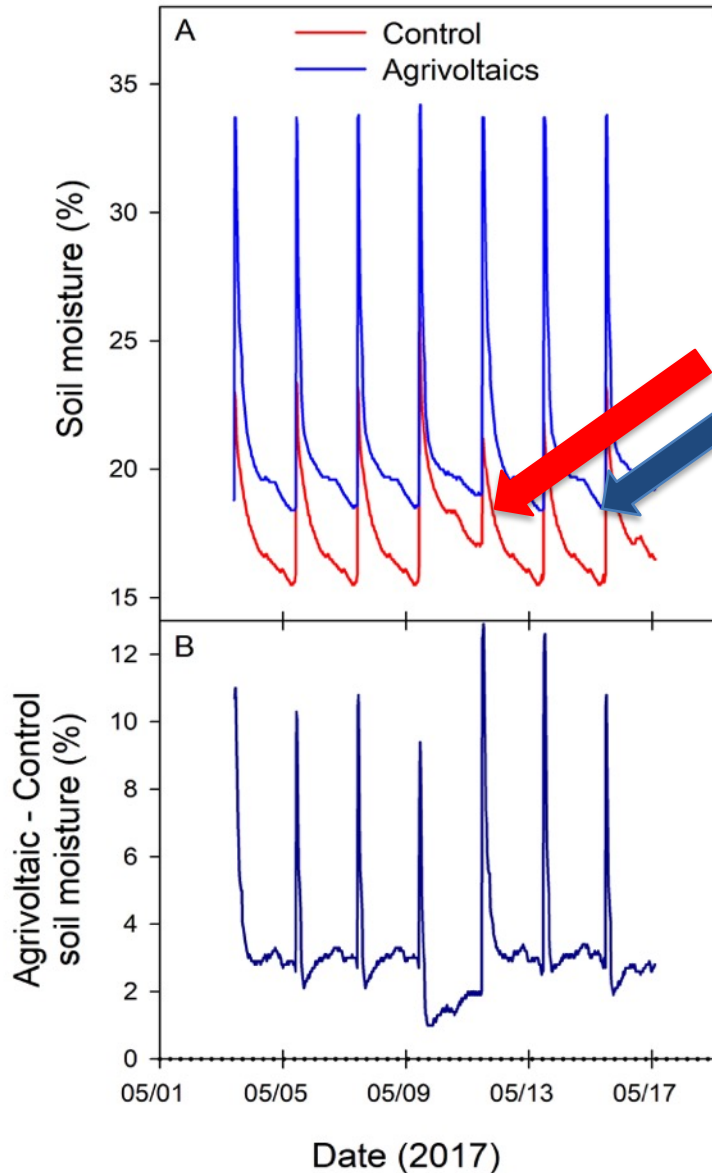
Food - a win for carbon uptake!



Food - a win for fruit production!



Water - a win for irrigation savings!



Microclimate change under the panels
= water lasts longer in the soil

Soil moisture levels in agrivoltaic
system after 2 days = control setting
after about 2-3 hours

*Can marginal lands now become
arable lands?*

*Can we actually reduce our
irrigation water use?*

Other surprising findings in our first two years...



Agrivoltaics



Open-sun



* Extending the growing season
(changing the phenology)



Other surprising findings in our first two years...



Agrivoltaics



Open-sun



* Prevents freeze damage

* Extending the growing season
(changing the phenology)



Working with K-12 kids to build resilience...



 **THE UNIVERSITY OF ARIZONA**
COMMUNITY AND SCHOOL GARDEN PROGRAM
COLLECTIVE ACTION FOR SOCIAL JUSTICE AND MORE SUSTAINABLE COMMUNITY

Thanks to TRIF-WEES!

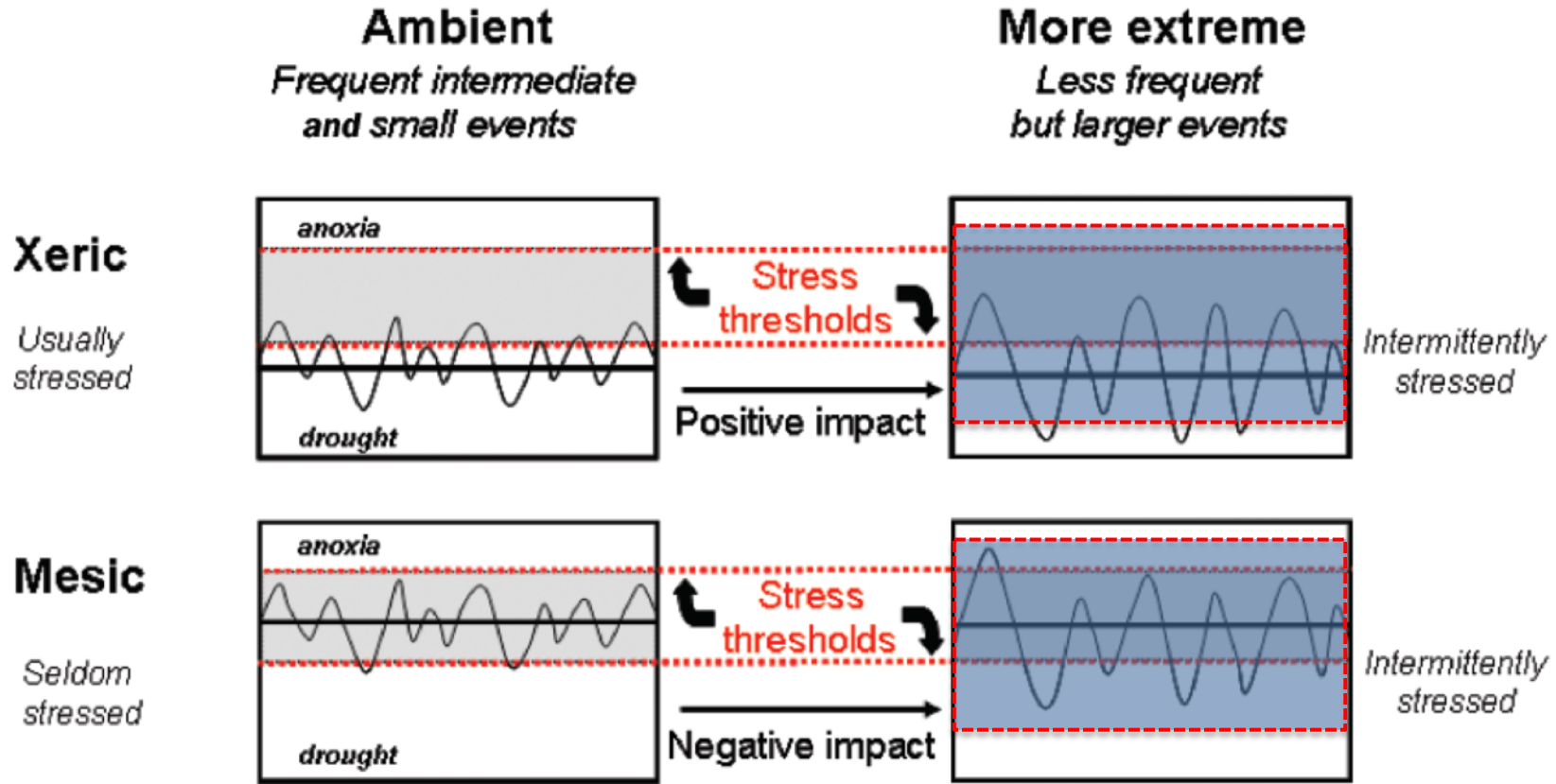


Water, Environmental,
and Energy Solutions

Working with K-12 kids to science learning...



Impacts of 'extremes' on ecosystem function (our own sustainability...)



Co-location of vegetation and renewables may modulate / moduler the sensitivity of these systems to extremes.

Consequences of More Extreme Precipitation Regimes for Terrestrial Ecosystems

October 2008 / Vol. 58 No. 9 • BioScience

ALAN K. KNAPP, CLAUD BEIER, DAVID D. BRISKE, AIMÉE T. CLASSEN, YIQI LUO, MARKUS REICHSTEIN, MELINDA D. SMITH, STANLEY D. SMITH, JESSE E. BELL, PHILIP A. FAY, JANA L. HEISLER, STEVEN W. LEAVITT, REBECCA SHERRY, BENJAMIN SMITH, AND ENSHENG WENG

Examining wider adoption...

Exploring application across environmental gradients in the US



PV + grazing



Thanks to TRIF-WEES!



Water, Environmental,
and Energy Solutions

PV + pollinator species



The Japanese call this 'Solar Sharing'

平坦地のソーラールーフシステムへ太陽光電と農産物を同一の場所でを行い、モジュール性能、食料生産、節水効果を高めます

グレッグ・A・バロン・ガフォード、ミッチェル・ババオ・ザッカーマン、モーゼ・トンブソン、ゲイリー・ナバン、レベッカ・L・マイナー、イザヤ・バーネット、メレノ、ヨルダン・マックニック

<p>はじめに</p> <ul style="list-style-type: none"> 土地利用の従来の理解では、再生可能エネルギーと農業食糧生産との間の競争は、ゼロサムゲームでした。 私たちは、太陽光発電 (PV) パネルの「上層」と食用植物の「下層」を同一の場所に配置する、新型のエコシステムによるアプローチを研究しています。この「アグリボルタイクス (agrivoltaics)」アプローチの PV パネルの上層は、より低温の微小気候を作り出し、下層の蒸発を減少させます。 私たちは次のように仮定しました: (H1) 温度と干ばつのストレスによって、光合成率と、伝統的な (開かれた) 環境で栽培された植物の土地利用効率が、アグリボルタイクス設置の PV パネルのもとで栽培された植物よりも、制限される。(H2) PV パネルは上層にあり、下層では植物が水分を蒸散しやすくなり、この構造はより大きなエネルギー生産につながります。 	<p>問いを立てる</p> <p>光合成を促す光の減少と、PV パネルの下で栽培されている植物へのストレスの減少の可能性、及び水を節約し、再生エネルギーを増大させる可能性のトレードオフを前提として、次のような問いを立てます:</p> <p>Q1. PV パネルの下で成長する植物は、より大きな水利用効率 (灌漑用水量あたりの植物栽培) と灌漑用水節約を可能にするか?</p> <p>Q2. アグリボルタイクス・アプローチがソーラー PV パネルの温度 (PV パネルの生産性の代替) にどう影響するか?</p> <p>Q3. 土地利用と生産性を最大化できる、同一配置には他にどんな機会があるか (そして、できれば公衆の認識の問題にも役立つか)? 私たちは、太陽光発電 (PV) パネルの「上層」と食用植物の「下層」を同一の場所に配置する、新型のエコシステムによるアプローチを研究しています。</p>	 <p>伝統的な農業 アグリボルタイクス</p> <p>PV パネルの下にある植物は、直射日光を受けにくいですが、これは土壌水分の蒸発損失を減少させ (青色の矢印)、水を大幅に節約できる可能性がある。また、アグリボルタイクスのパネルの下の微気候は、この湿気の放出のために、典型的な地面に設置された設備のパネルの下よりも冷たくなる可能性がある。</p>
<p>メソッド</p> <p>アグリボルタイクス (PV に基づく) とコントロール (オープン) エリアの設定</p> <p>私たちは、4ヶ月間、各設定内でマルチレベル・ハラペーニョ・ペッパーおよびトマト植物を栽培しました。</p> <p>両サイトとも同量の注水を受けました。</p> <p>私たちは、各場所での気温、土壌水分、相対湿度、入射 PAR (光合成活性放射) をモニターし、また PV パネルの温度もモニターしました。</p> 	<p>各アグリボルタイクスのサイトでは、私たちは以下を行いました。</p> <ul style="list-style-type: none"> 植物の光合成レートを (CO₂ 摂取) と蒸散 (H₂O 損失) の測定 水使用効率 (WUE) = 光合成/蒸散の推定 植物生産の数値化 	<p>環境と PV パネルに関して、植物生育に対する影響を数値化。</p> <ul style="list-style-type: none"> ソーラー PV パネルは、気温が高くなりすぎるとあまりうまく機能しない。 「下層」で植物が栽培されているパネルの上の冷却効果を検出するために、伝統的な (地上に設置された) PV パネルの温度と、アグリボルタイクス設定での PV パネルの温度をモニタリングした。 
<p>結果:</p> <p>Q1. 果実の生産と WUE</p> <p>テルデベでは、果実の総生産量は、最大 3 倍まで増加した。</p> <p>WUE は両方で同じだった。</p> <p>ハラペーニョでは、果実の総生産量はほぼ同じだった。</p> <p>WUE は 157% 大きかった (CO₂ 摂取量はほぼ同等だが、H₂O 損失は 65% 少なかった)。</p> <p>トマトでは、果実の総生産量は、PV パネルの下では、約 2 倍まで増加した。</p> <p>WUE は 65% 大きかった (CO₂ 摂取量はほとんど多かつたが、H₂O 損失はほぼ同等)。</p> 	<p>Q2. ソーラー PV パネルの温度に対するアグリボルタイクス・アプローチの影響</p> <p>従来の地上設置型の配置の PV パネル (赤色) は、日中はかなり暖かく、アグリボルタイクス下層の上層にあるパネルよりも、日中の変動が大きかった。</p> <p>アグリボルタイクスのパネルは、植物の蒸散からより大きな熱交換に移行するため、感知しにくい熱を受けている。</p> <p>アグリボルタイクスで配置した PV パネルは、日中 8.940.2°C 涼しい。これらのより低い温度は、1 パネルあたりの効率が 6.3% 増加することに相当する。</p> 	<p>Q3. 業界パートナーと研究協力にとっての新たな機会。</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽エネルギーの Ag 市場は十分に理解されておらず、太陽光発電が農地を生産から解き放たれれば戦争の原因となり得る。 太陽エネルギー技術と農業経営を同一場所に配置することができれば、食糧、エネルギー、水の安全保障を同時に向上させられる多くの機会と形態がある。 放牧、食糧生産、または花鈴紹介植物の再興を可能にする場所を準備することは、PV 用の土地の様々な用途を生み出し、大学のパートナーと協力することでデータを実証し、より広範囲な機会を得ることができる。 
<p>結論: アグリボルタイクスはウィン・ウィン・ウィンだと考えられる</p> <p>アグリボルタイクス環境 (PV による) で成長する植物は光量が少なくなりますが、これは土壌水分の蒸発損失の減少と、過熱や熱や光のストレスに晒される期間が限定されるという点で肯定的なトレードオフになります。</p> <p>ウィン! — アグリボルタイクス環境下での成長は、CO₂ 吸収の増加と、3 種のうち 2 種での果実生産の増加をもたらしました。</p> <p>ウィン! — アグリボルタイクス環境下での成長により、水利用効率が大幅に向上しました。</p> <p>ウィン! — アグリボルタイクス環境下の PV パネルは、日中にはかなり温度が低くなり、再生可能エネルギーの生成増加につながるはずである。</p> <p>同一の場所で再生可能エネルギーと食糧生産を設置するという新型の試みにどの植物が実用性があるかについてより広く理解するためには、さらなる種を探索すべきです。</p> <p>謝辞:</p> <p>本プロジェクトとデータは、次の組織による支援を受けています:</p> <p>(1) アリゾナ大学「水・環境・エネルギー・リソース」(WEESI: イニシアチブ)、(2) アリゾナ大学「成功学プログラム」、(3) NSF EAR # 1659546、REU サイト: 生物圏 2 の環境ジョイントのための増強システム研究、および (4) エネルギー省国立再生可能エネルギー研究所 (nSPRE) プログラム。</p> <p>詳細は、QR コードをスキャンするか、下記をご覧ください。</p> <p>www.GreeningEnergy.org</p> 		

Thanks to TRIF-WEES!



Water, Environmental, and Energy Solutions

Green roofs + Photovoltaics

Tucson, Arizona, USA

1. Solar will be installed Summer 2019

2. Replicate installations of green roof basins

2. Replicate installations with food production

Research,
Demonstration,
Engaged learning



Green roofs + Photovoltaics



Wednesday, November 14, 2018 – Tuesday, November 20, 2018 • VOLUME 112 • ISSUE 13

Inside 8 | Students change their gender markers 14 | UA Basketball: Week One takeaways 20 | DUSK Music Festival in photos

DW
DAILYWILDCAT.COM
SERVING THE UNIVERSITY OF ARIZONA & TUCSON COMMUNITIES SINCE 1899

AGRIVOLTAICS

The University of Arizona is one of the first institutions in the world to have an agrivoltaics unit on a roof, which brings agrivoltaics and the university's sustainability efforts to new heights | 10

DAILYWILDCAT PRESEN Fall 2018 Housing Guide INSIDE

Thanks to TRIF-WEES!



Water, Environmental,
and Energy Solutions

Opportunity! Paris laws, Industry Partners, Interested researchers...

Living Green Roofs or Solar Panels Now 'Law of The Land' in France

By Eric



It's now required by law in France for any new buildings to have green living roofs or solar panels installed. This is a huge step forward in sustainable



Vertige[®]
prêt-à-poser végétal de toiture



Any thoughts or questions?



L'eggo our science: Let's play with Legos and develop hypotheses!

