



アグテックと食のイノベーションのご紹介

アグテックと食のイノベーションは、より持続可能な生産と消費のパターンへの移行を推進する上で中心的な役割を果たします。

多くの消費者は、小売店で農産物の価格が引き上げられ、トイレtpーパーが完売してしまうというのは、サプライチェーンにかかる負荷が如実に表れた結果だと考えます。材料、途中のプロセス、生産物は分割され、身近なものではないためです。しかし、製造と消費の関係性が分かりやすい分野もあります。特に、農業や食品にはこれが当てはまります。この点は通常、食糧危機という形で表れます。世界全体の人口の16%にあたる7億4,600万人が、何らかの時点で十分な食糧を入手できなかったことがあります。¹ 極端な気候によって作物が枯れ、生計手段を失うということも食糧危機につながることで、これは今まで農家の成功を支えてきた慣行そのものが原因である場合もあります。幸運なことに、アグテックと食のイノベーションが解決策となり得ます。生産と消費のギャップを橋渡しし、一方で、気候変動や環境の悪化といった外部性を減らしていくことになるのです。

この文書では、アグテックと食のイノベーションがどのように持続可能な生産と消費の双方の均衡という課題を解決していくことになるのかを検討します。

重要なポイント：

- 精密農業、農業ロボティクスと自動化、環境制御型農業、農業バイオテクノロジーにおいて利用されているディストラティブな技術と栽培手法によって、農業生産性と持続可能性を高めることができる
- 乳製品やタンパク質の代替品といった食のイノベーションや、食品廃棄物削減の技術によって、農業慣行を変え、このセクターの負の外部性を軽減し、食糧危機の緩和できる可能性がある

アグテック：技術を利用して、人、地球、収益性にプラスの影響をもたらすこと

近代農業は作物栽培や畜産に関する共通のテーマによってつながりあった複数のシステムを包含するものです。農業生態系、つまり「人間の消費と加工のために食糧、繊維、その他製品を生産するために」作り変えられた環境に加えて、農業生態系と重複するものの、製品販売や食糧消費も含めた食糧システムが最も重要なものです。^{2,3} このようなシステム内で、ディストラティブなイノベーションがあれば、より持続可能な生産と消費に向けた有意義な変化に影響を与えることができます。このセクションでは、アグテックがこの移行において果たす重要な役割について検討します。

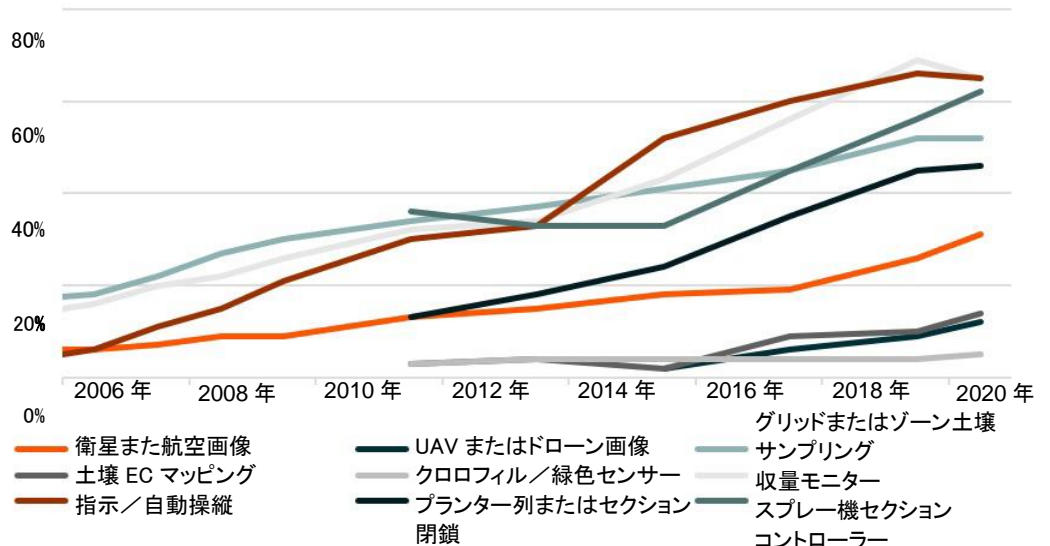
精密農業によって効率性を向上させる

農地や収穫期によって作物の収量や品質には数えきれないほどの変数が影響を与えます。ある農地で作物が育つためには肥料、殺虫剤、その他の投入が必要であっても、他の農地ではこのようなものは必要ないかもしれません。伝統的な農業慣行はこのような変数への調整についていくことに苦勞しており、その結果、資源が非効率に利用され収量は最適化されていません。精密農業はこの点において有効です。

精密農業は作物収量と品質の最大化を図り、一方では水、肥料、殺虫剤、作業量などの投入物を節約します。カギとなるのは、インターネット・オブ・シングス(IoT)と人工知能(AI)です。このような技術を使うことで、農家は特定の作物や家畜の詳細なニーズをモニタリングしてそれに対処できるようになるのです。このコンセプトは可変作業(VRA)といわれるものです。⁴どのように機能するのでしょうか。つながったセンサーが、土壌の湿度／養分水準、土壌の酸度、吸水率、作物／家畜の健康状態、天候その他に関するデータを記録して伝送します。⁵その後、人工知能がその情報を使い、GPSのデータとあわせて、農家や農業ロボットに詳細な指示を作り出します。実際のやり方を見てみましょう：

- ある農家のジョン・ディア製シー&スプレー機は、RGBカメラを利用して、周囲の状況に関するデータを捉えて伝送します。AIを活用したソフトウェアがカメラからのデータを処理し、作物と雑草の違いを識別します。その後、機械に対して雑草にだけスプレーするよう指示を与えます。これによって除草剤の利用量を77%削減できる可能性があります。⁶
- 農家は衛星画像サービスを導入して、頻繁に農地の画像を撮影しています。AIがこれらの画像を処理し、ある農地では同じような作物を育てている他の農地よりも作物の育ちが悪く、緑色が薄いということを識別します。農家はこの情報を土壌データとあわせて活用し、問題の作物に対する最適な取り組み方を判断します。

生産者による精密農業技術の採用は近年加速している アンケート調査：報告された精密技術採用 (対象面積内の割合)



注：上記の結果は、農業投入物ディーラーに対する年次調査における、「市場出荷用面積の中で次の慣行を取り入れているおおよその割合をお知らせください」(N=169 農業投入物ディーラー)という質問の結果です。

出典：パデュー大学、クロップライフ誌、2020年8月。

GLOBAL X
by Mirae Asset

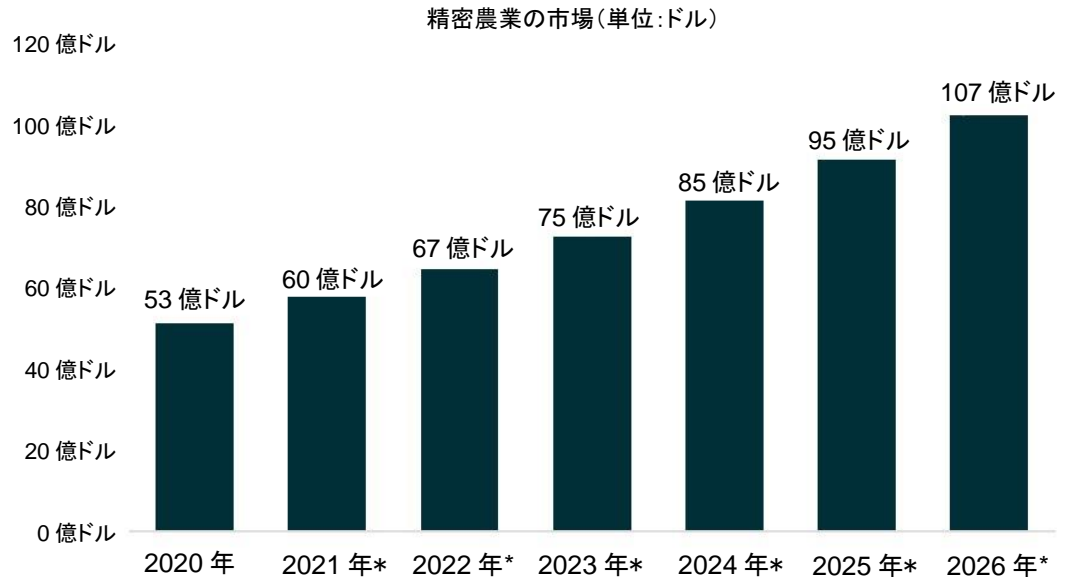
増加する世界の人口への食糧を供給するにはこの水準の精密さが必要になります。農産物に対する需要は増加しています。2012年から2050年の間に50%も増加するという試算もあります。そして、伝統的な農業慣行による資源の使いすぎや環境に対する負の影響は過小評価されやすいものです。⁷農業システムは凍土と砂漠以外の世界の土地の43%を占め、世界の淡水取水のほぼ3分の2を消費し、温室効果ガスの18.4%を排出しています。^{8,9}

その一方で、大量の作物が出荷されず農家に残ります。米国の食糧廃棄物のうち、重量換算にして16%、金額にして150億ドルが農地内で廃棄されたものです。¹⁰病気、害虫、その他の要因による作物の損失が主ですが、収穫しない、または過剰に生産した作物の廃棄のせいでもあります。農家の多くは、損失の埋め合わせおよび／または予期せぬ需要に備えて、農地に多めに作物を植え付けますが、過剰な作物を廃棄してしまいます。それが最も経済的な選択肢であるためです。¹¹精密農業は、無駄に終わる推測を排し、農業における投入物と生産物を最適化することで、このような非効率に対する解決策となる可能性があります。

精密農業の世界の市場は、2020年の53億ドルから2026年には107億ドルに拡大すると見込まれています。これは年平均成長率(CAGR)12.3%に相当します。¹²ステークホルダーが非効率や負の外部性を最小限にしたいと考える中で、農産物に対する需要の増加に加えて、より持続可能な生産手法に対する差し迫ったニーズによってこの成長は長期的に後押しされると当社では見通しています。精密農業による収益と長期的なコスト削減の可能性は、特に、規模の経済によって初期コストが引き下げられ、技術

の向上によって新しい機能が生み出されるにつれて、採用に向けた生産者へのインセンティブになるでしょう。消費者と産業によるIoTの採用や、5Gネットワークの稼働といった状況も、この方向に向けてセクターを超えた追い風になるでしょう。

当社の試算では、精密農業の市場は 2026 年までに倍増する可能性がある



注: 上記のグラフは、2020 年末推計をもとに 2021 年に発表された複数の第三者の試算についての Global X による分析に基づいたものです (IE ベース年=2020 年); *予測

出典: Grand View Research、Mordor Intelligence、360 Research Reports、Global X ETFs、2021 年 7 月。

GLOBAL X
by Mirae Asset

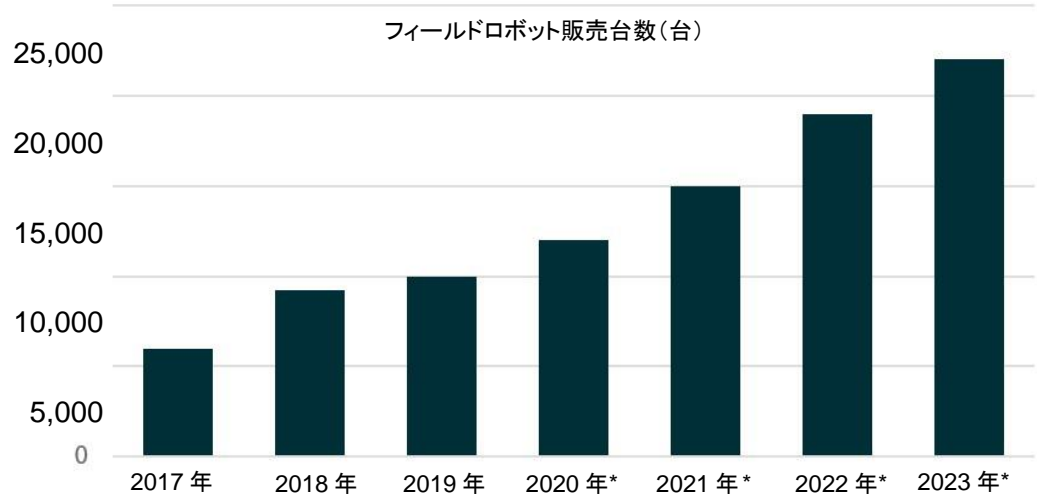
農業環境におけるロボティクスと自動化の採用

農作業についての今までのイメージは厳しい手作業というものです。しかし今日、この描写は過去のものになりつつあります。農家において近年ロボットや自動化が浸透しており、農家がコントロールパネル越しに農地の世話をすることが増えています。このような技術はそもそも農作業の生産性を高め、農業投入物を節約できるよう設計されており、特に、精密農業技術とあわせて導入すると効果が高まります。

農業ロボットには様々な形があり、幅広く応用できます。例えば、作物の栽培に使われるロボットは自動運転トラクターや自動農業ツールという形を取り、その車両に内蔵されるか、車両が引っ張るもの(トラクターが自動運転かどうかにかかわらず)になります。このようなロボットは視覚センサー、AI、GPSデータを利用し、自動操縦で精密農業システムおよび/または生産者から指示を受けた任務を完了します。典型的な任務には、耕耘、草刈り、運搬、作物モニタリングなどがありますが、ロボットの中には特別のアームとグリッパーを備え、作物の剪定や収穫ができるものもあります。

フロリダに拠点を置くスタートアップ企業 Harvest CROO は米国のイチゴ業界の 70% 以上が投資している企業であり、イチゴ摘みロボットを開発しました。これは視覚センサーと AI を利用して、熟したイチゴを識別し、96本の摘み取り用の爪で収穫するものです。¹³ 農業用無人航空機(UAV)やドローンも栽培支援となり得ます。UAVは自動で空中を操縦します。生産者は通常、種まき、除草剤の散布、空中からの作物のモニタリングのために利用します。

国際ロボット連盟によると、フィールドロボットの年間販売台数は今後数年間で2倍以上になる可能性がある



注: 上記データは、公表前年の年末データの試算を公表する年次 IFR レポートとエグゼクティブサマリー(2018年、2019年、2020年)を分析してまとめたものです。直近の IFR レポートの予測は、2019年末の推計がベースになっています。

出典: 国際ロボット連盟、Global X ETFs、2021年

*予測

GLOBAL X
by Mirae Asset

栽培ロボットの採用はまだ初期段階にありますが、ロボットの価格が下がり、技術向上によって機能が改善していく中で、生産者は急速に栽培ロボットに目を向けるようになってきました。世界的な農業労働者の不足と高齢化によって栽培ロボットの採用や規模の経済が後押しされるため、このトレンドが継続すると当社では見通しています。生産者が業務全体を最適化しようとする中で、精密農業との相乗効果によって需要が一段と高まるでしょう。さらに、農業セクターは今までも自動化技術をうまく取り入れてきた経緯があります。乳業ロボットは25年以上前に導入され、現在でも利用が増加しています。このような後押しとなる要因を考慮すると、農業ロボットの市場は2020年に54億ドルであったものが、2026年までに211億ドルに達する可能性があるという試算もあります。これは年平均成長率(CAGR)25.5%に相当します。¹⁴

環境制御型の作物栽培

環境制御型農業(CEA)は屋内農法ともいわれるもので、まさに農家の作業フィールドそのものを変化させています。CEAとは制御された環境構造の中で植物やその生産物を栽培することと定義づけられます。この構造には、垂直農法(作物を垂直方向に配した屋内農法)、コンテナファーム(出荷用コンテナ内にある屋内農法)、ビニールハウス、マイクロ農法などが含まれます。¹⁵アグテックのサブテーマとして、CEAは作物栽培や魚の養殖を制御された環境内で最適化し、農業投入物の必要性や利用を削減することを目的にした技術やシステムが含まれています。

CEA によって革新的な栽培手法への扉が開かれる

水耕栽培	アクアポニックス
<ul style="list-style-type: none">● 植物は土壌ではなく水ベースの養分豊富な液体の中で栽培される。● 水／肥料の利用という点では、水耕栽培農法は土壌ベースの栽培の 20 倍効率性が高い。	<ul style="list-style-type: none">● 魚を養殖するタンクエコシステムを通して循環する水の中で植物が栽培される。● 魚のフンによって化学物質が不要になり、フンは自然に発生した再生可能型養分となる。
エアロポニックス	農耕法(伝統農法)
<ul style="list-style-type: none">● 空中に吊るされた植物の根に養分が豊富に含まれた液体がスプレーされる。● 水があまり必要ではなく、養分吸収を促進する酸素が継続的に供給される。	<ul style="list-style-type: none">● 伝統的な農業を屋内で実行。植物は水や養分を含む土壌で栽培される。● 他の手法より効率性は劣るものの、CEA 環境ではそれでも効率的になる。

出典: Pitchbook、Global X ETFs、2021 年。

GLOBAL X
by Mirae Asset

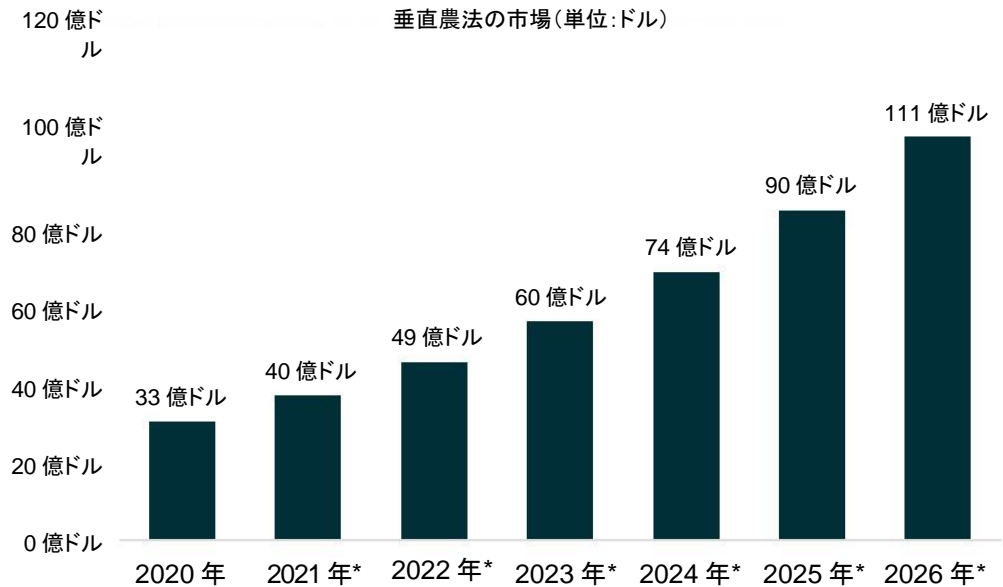
土壌と気候が適切な場所でのみ農業ができるという概念を変えるのが CEA です。CEA を利用すると、生産者は過酷な気候にある倉庫や都会の地下など、ほぼどこでも質の高い食糧を栽培することができます。これは地元経済の底上げや、廃棄物の削減、輸送、過剰包装、保存料などに起因する環境に対する負の影響の軽減にもつながります。しかしさらに重要なことは、CEA によって増加する世界の人口への食糧供給が可能になるということです。既に見てきたように、凍土と砂漠以外の世界の土地の多くが農業に利用されています。スペースには限界がある中で、CEA はこのトレンドに歯止めをかける直接的な解決策になるのです。¹⁶

CEA の手法は、世界の水危機に対する農業からの影響を削減することにもつながります。既に述べた通り、現在の栽培手法は非常に多くの水を利用します。これに対して垂直農法が直接的な解決策となります。伝統的な農法と比較すると必要な水の量は 95% 少なくなります。¹⁷ そのように意図されているのです。垂直農法は積み上げられた閉鎖ループという性質があり、水は常にリサイクルされ、過剰な水は流出してしまうのではなく、他の作物によって消費されるのです。垂直農法は屋内で行われるため、殺虫剤や除草剤がほとんどまたは全く不要になります。殺虫剤や農業化学薬品は、米国において 5 番目に水利用の多い工業サブセクターであり、1 ドルの生産高のために約 30 ガロンの水を消費しています。¹⁸

グローバルの CEA 市場はまだまだ未成熟で、屋外農業が植物由来製品の生産の大半を占めていますが、当社では CEA が今後 10 年で大きな市場シェアを占めるようになるかと予測しています。なぜでしょうか。持続可能性と CEA がもたらす潜在的な経済的メリットが両立するためです。長期的には CEA は生産者の収益性を改善する可能性があります。投入量の削減、栽培面積の増加、中間段階の減少といったことはコスト削減につながります。収益面を見ても、CEA を実践している生産者は年間を通した生産、収量の増加、品質保持期限の延長、リコールの減少、栄養価の増加(これが収益プレミアムとなり得ます)といった点からメリットを得られます。¹⁹

長期的な見通しは明るいものの、CEA にはまず克服すべき課題があります。設備コスト、製品ラインナップの限界、一貫性に欠ける生産などです。しかしこの分野への投資が増加していることにカブつけられています。新しい資金調達によって CEA がこのような障壁を乗り越えられるだろうと考えます。2020 年にベンチャーキャピタルによる CEA への資金提供は合計 9 億 2,900 万ドルとなり、2019 年の資金調達の 2 倍以上となりました。²⁰

垂直農法の市場ははまだ黎明期にあるが、今後5年間で3倍以上になる可能性がある と試算されている



注:上記のグラフは、2020年末推計をもとに2021年に発表された複数の第三者の試算についてのGlobal Xによる分析に基づいたものです(IEベース年=2020年);*予測
出典:Grand View Research、Expert Market Research、360IResearch、Global X ETFs、2021年7月。

GLOBAL X
by Mirae Asset

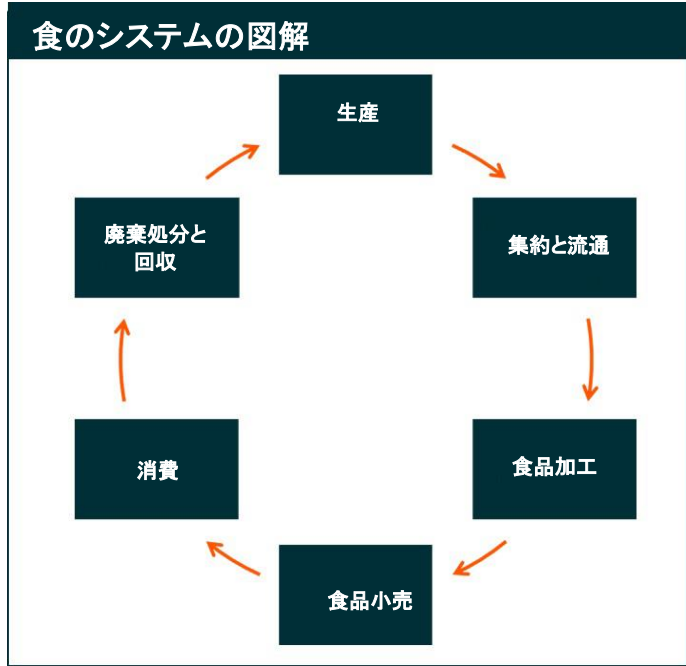
バイオテクノロジーを利用して農業プロセスを向上させる

近年のバイオテクノロジーの進化も農業慣行の向上を約束するものです。特に注目すべきなのが農業ゲノムです。これは、有機体のゲノムからの情報(完全な遺伝情報)を利用して、作物栽培や畜産の生産性や持続可能性を改善するものであると定義できるでしょう。²¹過去20年間、ゲノム解読のコストは大幅に下がり、今日では定期的かつ大規模な解読への取り組みや適用が可能になりました。ヘルスケアセクターでは、医療サービス提供者や製薬会社がゲノムデータを用いて患者を治療し、病気の発症に關しています。例えば、遺伝子編集ではゲノム解読から得られた情報をもとに、病気の原因になっているゲノムの特定の部分を標的にします。

農業への応用も非常に類似しています。1つには、ゲノム解読によって、必要な水、養分、光の必要性に関する特性に加えて、作物収量や病気への耐性といった特性を備えた、意図的かつ正確な植物の品種改良が生産者にとって可能になるのです。生産者はゲノム解読を用いて、どの遺伝子および/または遺伝子の組み合わせが自分の意図に最も適うものであるかを見極め、それにあわせて自分の作物を品種改良することができます。または、生産者はヘルスケアで使われているのと同じ遺伝子編集技術を応用して、栽培や利用に最適な特徴を備えたブランド作物を作り出して大量生産することもできます。このようなやり方は研究者の間では既に成功裡に導入されています。注目すべき結果として挙げられるのは、大きく重い米を作り出すための稲の遺伝子編集、特定の病原菌に対する免疫を誘発する作物の遺伝子編集、トマト・トウモロコシ・ジャガイモなどの栄養価の向上、紙・燃料・プラスチックなどのより価値の高い化合物の生産に使われる非食品作物の遺伝子編集などです。²²

食のイノベーション: 将来に向けた食のシステムの構築

代替的な食糧や廃棄物削減の技術におけるイノベーションは食のシステム全体に前向きなディスラプションを起こしています。このような進展それ自体が食糧消費の持続可能性を改善しています。また、食のイノベーションはアグテックとの相乗効果もあり、収量の多い作物を食糧として利用し、廃棄される農産品や有害な外部性を削減します。このセクションでは、このようなイノベーションを何点か取り上げます。



タンパク質と乳製品の代替品が主流になる(そしてよりおいしくなる)

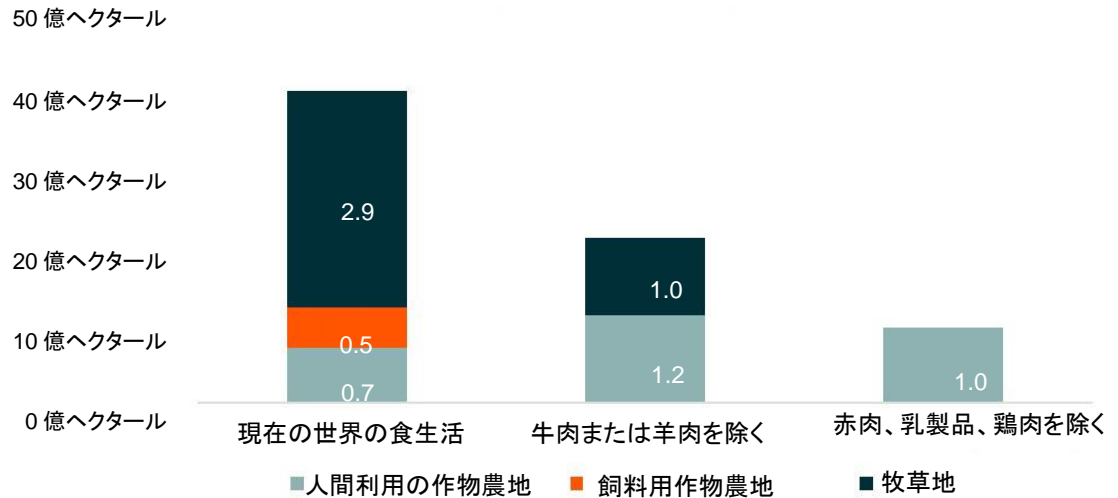
歴史を通して、人類は宗教的な食の規律に従うために、植物由来の全く違った食品や肉類や乳製品の代替品を使って、タンパク質と乳製品に変わるものとして消費してきました。ココナッツミルクやアーモンドミルクは様々な国の料理で既に長い間必需品になっており、豆腐などの大豆を使った料理には数千年の歴史があります。20世紀に入って、ベジタリアン運動やその他の食事制限が拡大する中でこのような製品の市場が拡大しましたが、既存の食のシステムにディスラプションをもたらす規模にはなりませんでした。しかし現在、パラダイムシフトが既に起きています。

既に述べたように、天然資源が減少する一方でそれら天然資源への需要は高まり、この地球の気候がますます過酷になるというこの時代、世界の人類は食糧危機の高まりに直面しています。皮肉なことに、私たちの食のシステムはあらゆる側面で大きな負担となっているのです。食糧生産には多大な資源が必要であり、肉類や乳製品がその大きな要因になっています。全農地の80%が家畜関連の生産に利用され、そのうち85%を牧草が占めています。²³飼料を育てるための土地が家畜向け土地利用の残りを占め、食糧を生産している全農地の43%を占めています。²⁴さらに、家畜は世界で生産される作物から得られるカロリー²⁵の36%を消費しているのです。

このような慣行は資源利用を限界にまで追いつめ、可能な食糧生産を減らしているのです。最近の研究では、世界の気候変動の引き金となっている温室効果ガス(GhG)の約21~37%が食のシステムから排出されていることが分かりました。²⁶これは食糧生産に大きな意味を持ちます。別の研究では、1961年から2015年の間に、気候変動によって農業生産性が21%低下していることが示されました。²⁷2050年までに食糧需要が最大で50%増加することが見込まれている中で、現在のシステムは明らかに持続可能ではなく、見直していく必要があります。²⁸

世界中が肉類を摂取しない食生活に移行すると、農地利用が大幅に減る

人類の様々な食生活による潜在的な農地利用(単位:10億ヘクタール)



出典: J. Poore および T. Nemecek, サイエンス誌、「Reducing food's environmental Impacts through producers and consumers」2019年2月、Global X ETFs, Our World In Data, 2021年。

GLOBAL X
by Mirae Asset

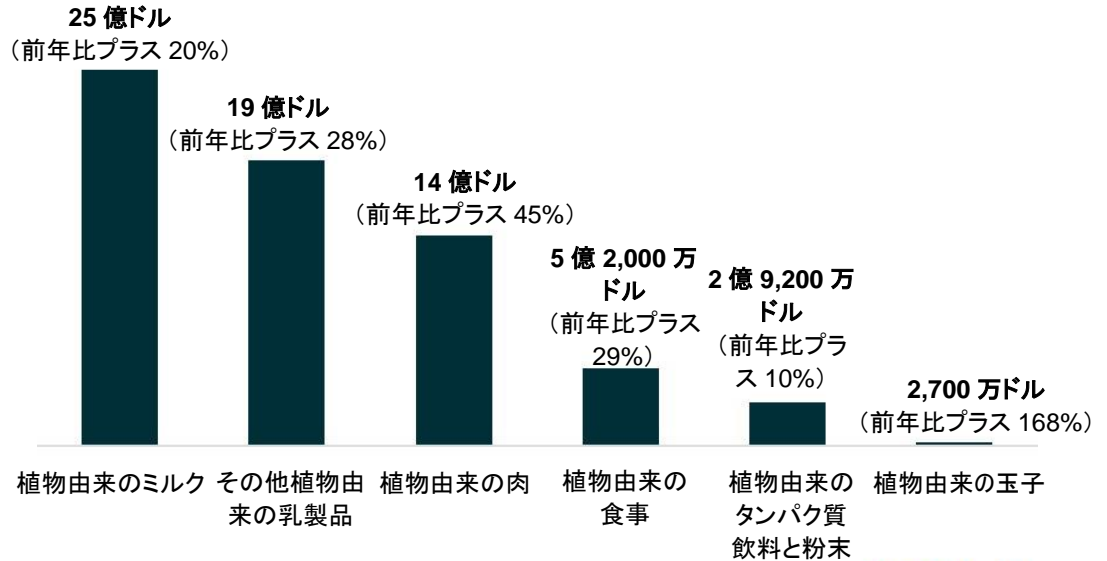
乳製品とタンパク質の代替品が解決策となり得ます。全世界がビーガン食に切り替えたとしたら、農地利用を約75%削減できる可能性があります。²⁹ 極端なことかもしれませんが、このような分かりやすい例によって興味深い一連の論理が生まれます。家畜はカロリーの仲介者です。動物はカロリーを得るために植物を消費し、人間はカロリーを得るために動物由来製品を消費するので、この生命の循環の中に、家畜が生きて成長するために失われるカロリーが存在しています。例えば、牛肉製品には家畜飼料から得られるカロリーの1.9%しか含まれていません。³⁰ 乳製品とタンパク質の代替品はこの非効率を全面的に解消するものです。

今日、タンパク質と乳製品の代替品は以前にも増して受け入れられるようになっています。代替品の大半は依然として植物由来です。乳製品の代替品の原材料の大半は、大豆、アーモンド、ココナッツ、米であり、最近ではオーツ抽出物も使われています。タンパク質代替食品のベースになっているのはエンドウ、マメ科植物、大豆といったタンパク質含有量の多い植物です。しかし、健康や持続可能性に対する価値観への注目の高まりによって後押しされ、以前よりは味も種類も向上しています。最近の国際食品情報評議会(IFIC)の調査では、米国の消費者に環境に対する影響を見抜く力があれば、そのうちの53%が自分自身の食品の選び方を変えられると思われること、米国の消費者の約80%が植物由来の食品の環境に対する負の影響が肉よりも大幅に小さいと考えていることが分かりました。³¹ また、40%以上の消費者が植物由来と記載されている商品のほうがより健康的であると考えていることも報告されています。³²

このような心理がとりわけ植物由来の代替品の急速な販売拡大を後押ししているようです。米国の植物由来の食品売上は2020年に合計70億ドルに達しました。前年比の売上成長は1.5倍に増え、27%になりました。³³ 食品生産物が顕著にこの動きを牽引しています。植物由来の玉子の販売は前年比168%増加の2,700万ドルになり、植物由来の肉は前年比45%増加して14億ドルになりました。植物由来の乳製品も確実な売上を挙げました。植物由来のミルクは28%、その他乳製品は20%売上が増加しました。³⁴ 当社では植物由来の食品の売上が今後も引き続き大幅な拡大の道筋をたどると予測しています。特に、持続可能な開発が世界的な優先事項の中で上位に挙げられるようになるにつれてこの動きが強まるでしょう。

米国の植物由来食品の業界は 2020 年に上位セグメント全般で引き続き 堅調な成長を遂げた

米国における植物由来食品の合計売上と前年比の伸び、セグメント別 (2020 年)



出典: SPINS Natural Enhanced Channel、Global X ETFs、
2021 年 4 月

GLOBAL X
by Mirae Asset

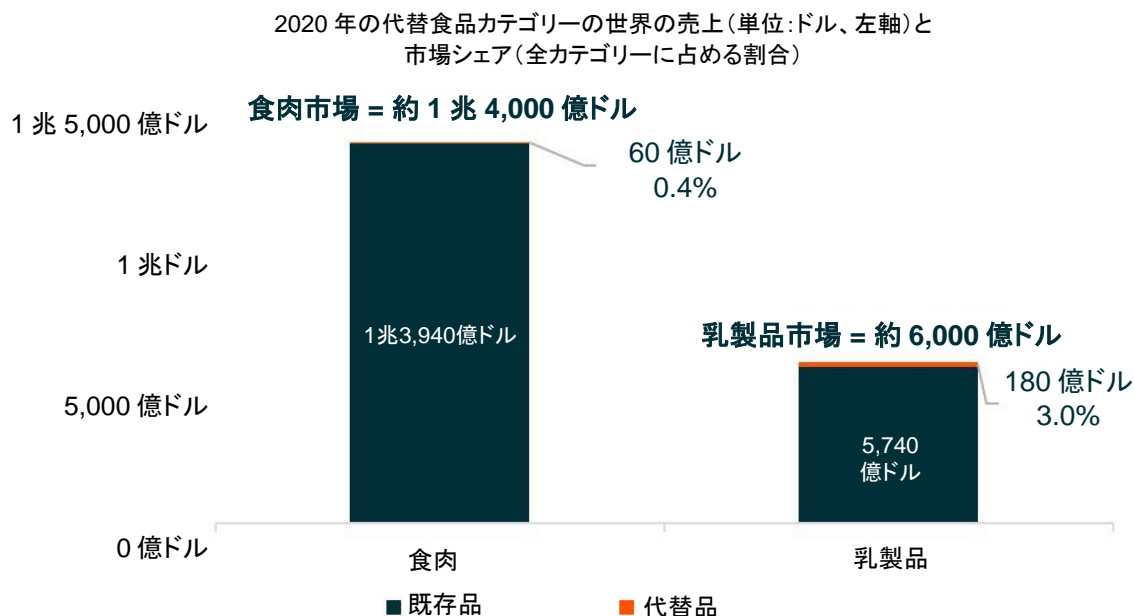
今後の代替食品市場は植物由来食品だけではなく、さらに掘り下げたものを提供する可能性があります。代替食品には、植物以外に由来する材料も含まれますが、その多くははまだ初期段階にあります。昆虫や微生物から作られたタンパク質の代替品がおそらく最も進んでいるでしょう。このような慣行を一般的ではないと考える人もいますが、一方で世界中の20億人が既にタンパク源として昆虫を食べています。³⁵昆虫にはほぼ土地がいらず、水もほとんど必要とせず、温室効果ガスの排出もわずかです。昆虫は非常に効率的なカロリー仲介者であり、廃棄物もほとんど出しません。³⁶現時点では消費者が手に入れられる昆虫の代替食品には限りがありますが、パークレイズでは昆虫のタンパク質市場は2030年までに80億ドルに達する可能性があるとして試算しています。

37

本物の肉から作られた培養肉も有望ですが、いまだ初期段階にあります。このような代替品を生産するには、生きた動物から採取した細胞を培養し、バイオリクターを利用して消費可能な肉に成長させます。³⁸このプロセスは現時点では大規模に導入するには高額になりすぎますが、近年ではコストは99%低下しています。³⁹2020年には培養肉に対する資金調達の前年比510%拡大して3億5,000万ドルとなりました。これを受けて、当社では大規模導入が可能になるところまでコストが引き続き下がるだろうと予測しています。⁴⁰マッキンゼー・アンド・カンパニーは、全てが計画通りに行けば、培養肉の市場は2030年までに250億ドルに達すると予測しています。⁴¹

代替食品の規模拡大には、コスト競争力と採用が主な障壁となります。最近のクリーンテクノロジーに関する当社の出版物 *CleanTech: It's All About Scale (クリーンテクノロジー: カギは規模)* でも示した通り、規模の拡大を達成するのは「鶏か卵か」の問題なのです。代替食品の会社には規模の経済によってコストを引き下げるための資本が必要ですが、製品の改良や販売のための資本も必要になります。それでも、クリーンテクノロジーと同様、代替食品も必要とされることによって恩恵を受けられます。食糧危機、過剰に使われている天然資源、気候変動といったものを緩和するというニーズから規模が拡大すると当社では予測しています。当社では代替食品の採用はいまだに初期の段階にあると考えてはいるものの、成長に向けた長い道筋があると考えています。当社の試算では、代替肉は国内の食肉販売の1%以下であり、代替ミルクは国内の牛乳販売の13%を占めているのみです。

代替食品は初期段階にあり、獲得し得る大きな市場シェアが残されている



注: グラフは Global X ETFs が計算した試算を反映しています。
 出典: Global X ETFs、Fitch Solutions、Oatly、Renub Research、
 2021年7月。

GLOBAL X
 by Mirae Asset

ディストラティブな技術を用いて食品廃棄物を削減する

世界の食のシステムは、非効率であったり、農業による食糧生産において大量に資源を消費しているという以上に無駄が多くなっています。生産された食品のほぼ3分の1が消費されず、生産・流通段階または消費段階といった様々な食のシステムの中で廃棄されています。⁴²食品廃棄物削減に向けた様々な技術によって、このような様々な段階における食品廃棄物を削減していくことができるでしょう。

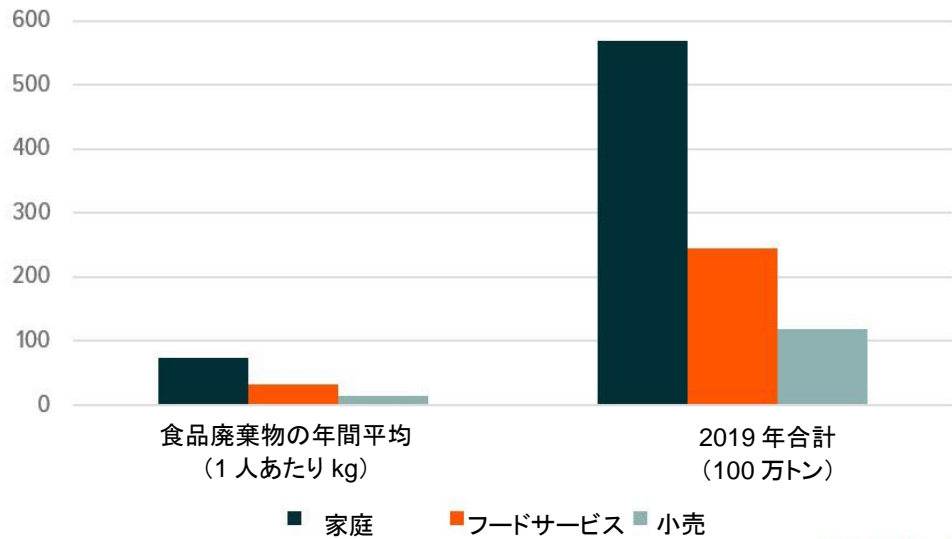
食品廃棄物の約半分は流通、保管、加工／包装の中で起きています。⁴³食品サプライチェーンの中では、不適切な輸送や保管が原因で毎年4,000億ドル相当の製品が失われています。物流の欠陥で食品が紛失したり、管理の不備やコールドチェーンの制約によって腐敗したりしているのです。⁴⁴IoTやブロックチェーンといったディストラティブな技術によってこのような無駄を削減できる可能性があります。IoTセンサーとタグで、温度や腐敗といった要因をモニタリングすることができます。異常があれば警告し、アセット追跡を通じて物流を改善するのです。ブロックチェーンによって追跡の取り組みを補完できます。追跡データや他のデータを分散型台帳に記録し、サプライチェーン全体に透明性を導入するのです。これによって物流プロバイダーは自社の流通業務について正確でリアルタイムな理解を得ることができます。このような技術があればプロバイダーは自社のプロセスを精緻化することもでき、食品が腐敗したり紛失したりする場所や時間を特定することで食品廃棄を是正できる可能性があります。

このような改善によって年間330万トンの食品廃棄物を削減することが可能であり、84億ドルと5,280億ガロンの水を節約し、炭素排出も削減することができます。⁴⁵

最先端の技術は、下流部分でも食品の節約に役立ちます。小売店の多くは賞味期限が切れる前に日持ちしない製品を売り切りたいと、古い食品を値下げします。それに関わらず、食料品店はそれでも毎年430億ポンドの食品を廃棄しています。⁴⁶IoTとAIがあればこの廃棄の一部を軽減することができます。食品の鮮度データを記録するセンサーを導入し、AIがそれを利用してよりダイナミックな価格付けや過剰在庫の削減につなげるのです。

消費者も小売やフードサービスと足並みを揃えて食品廃棄物を削減する必要がある

下流カテゴリ別の世界の食品廃棄
(年間平均、1人あたりkg、2019年合計、単位:100万トン)



出典: United Nations Food Waste Index, Global X ETFs, 2021年。

GLOBAL X
by Mirae Asset

世界の人口が2050年までに100億人を超える中で、是正措置を講じなければ食品廃棄物はただ増加していくばかりです。⁴⁷しかし、当社は楽観視しています。廃棄物を削減すると上流には大きなメリットがあります。食のシステムに存在する負の外部性を自然と減らし、食糧危機への対応にもなり得るためです。FAOの研究によると、食品廃棄物を50%削減すると農業による環境への負荷を6~16%削減することにつながります。⁴⁸これだけでも公共セクターの政策当局にとっては十分なインセンティブとなるはずですが、民間セクターにもこの機会をものにするチャンスとなります。上記に挙げた環境負荷の大きな削減は収益性改善につながるため、食品生産者、物流プロバイダー、小売店には自社の食品廃棄物の割合を減らしていくインセンティブになります。

アグテックと食のイノベーションに投資する

今日の世界が直面する課題の中でも、気候変動、食料危機、水不足などは最も危機的なものです。これらの問題は自然のシステムやサイクルによって相互に関連していますが、人間による影響や人間の活動によって問題が永続化するという点でも関連しています。農業と食のシステムはこのような問題が相互に交わる点に位置しています。人類の問題の多くは人類が自ら招いたものであるという意味であり、一方では、このような問題に対する解決策も同じように人類が自律的に管理できるものであるという意味でもあります。アグテックと食のイノベーションはこのような危機に効果的な対応をしていくためのツールとなります。投資家は、ディストラプティブな技術やその技術を提供する企業の今後の成功の可能性に資金を提供すると同時に、これらの分野への投資によって、より持続可能な未来に向けた移行に参加することが可能になると当社は考えています。

アグテックのサブテーマ

- 精密農業: 作物をより収益性／効率性の高い方法で栽培するために、作物収量を増加させ、既存の農業投入物（土地、水、肥料など）の水準を削減する技術。
- 農業ロボティクス／自動化: 労働やその他の農作業投入物を削減する技術。
- 環境制御型農業 植物栽培および／または魚の養殖を最適化し、制御された環境を利用して栽培・養殖に必要な投入物の種類および／または量を削減する技術とシステム。
- 農業バイオテクノロジー: 農業栽培と収量を向上させるために利用される生物学／遺伝子技術。

食のイノベーションのサブテーマ

- タンパク質と乳製品の代替品: 植物、昆虫、微生物から得られた、または、組織培養によって得られたタンパク質含有量の多い原材料を含む製品で、食肉や乳製品といったタンパク源から得られる伝統的な動物由来のタンパク質の代替となるもの。
- 食品廃棄物の削減: サプライチェーンにおける食品廃棄物を減らすために設計された技術および／またはシステム。

投資には元本が毀損する可能性などのリスクが伴います。絞り込んだ投資は、当該セクターに作用する要因の影響をより大きく受け、変動性が高まることとなります。国際投資には、通貨価値の不利な変動、一般に公正妥当と認められる会計原則の相違、または他国の社会的、経済的もしくは政治的不安定性を原因とする元本毀損リスクが伴う場合があります。新興国市場については上記と同一の要因に加え、高い変動性および低い流動性に起因する他市場より高いリスクが伴います。

本資料は特定の一時点における市場環境の評価であり、今後の出来事を予測することを意図しておらず、今後の成果を保証するものではありません。この情報は、特定のファンドまたは株式に関する調査または投資助言として読者が依拠すべきものではありません。

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations, “2020: The State of Food Security & Nutrition in the World,” July 2020.

² European Commission, “Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services,” 2018.

³ Nature, “Sustainable Agriculture,” 2011.

⁴ Medium, “Variable Rate Application in Precision Agriculture,” January 3, 2018.

⁵ Sensor Technology, “Smart Agriculture Sensors: Helping Small Farmers and Positively Impacting Global Issues, Too,” Accessed July 5, 2021.

- ⁶ John Deere, “John Deere launches See & Spray™ Select for 400 and 600 Series Sprayers,” Mar 2, 2021.
- ⁷ FAO, “The State of Food & Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss & Waste Reduction,” 2019.
- ⁸ Science, “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers,” February 22, 2019.
- ⁹ World Resources Institute, “4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors,” February 6, 2020.
- ¹⁰ A Roadmap to Reduce U.S. Food Waste by 20 Percent,” ReFED, 2016.
- ¹¹ Food Print, “The Problem of Food Waste,” Accessed July 7, 2021.
- ¹² Grand View Research, “Precision Farming Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering, By Application (Yield Monitoring, Weather Tracking, Field Mapping, Crop Scouting), By Region, And Segment Forecasts, 2021 – 2028,” March 2021.
- ¹³ Harvest CROO, “Technology,” Accessed July 7, 2021.
- ¹⁴ Research and Markets, “Agricultural Robots Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026,” February 2021.
- ¹⁵ S2G Ventures, “Growing Beyond the Hype: Controlled Environment Agriculture,” 2020.
- ¹⁶ Science, “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers,” February 22, 2019.
- ¹⁷ EcoWatch, “Farming in the Desert: Are Vertical Farms the Solution to Saving Water?” July 23, 2020.
- ¹⁸ ASCE, “The Economic Benefits of Investing in Water Infrastructure,” August 2020.
- ¹⁹ S2G Ventures, “Growing Beyond the Hype: Controlled Environment Agriculture,” 2020.
- ²⁰ Pitchbook, “PitchBook Analyst Note: Cultivating Opportunities in Indoor Farming,” January 22, 2021.
- ²¹ International Journal of Genomics, “The Promise of Agriculture Genomics,” January 2017.
- ²² Plant Cell Reports, “Targeted plant improvement through genome editing: from laboratory to field,” January 21, 2021.
- ²³ Science, “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers,” February 22, 2019.
- ²⁴ Ibid.
- ²⁵ Institute on the Environment, “Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare,” May 2013.
- ²⁶ Nature, “Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth,” April 1, 2021.
- ²⁷ Frontiers, “Agriculture’s Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO2-Emitting Sectors,” February 3, 2021.
- ²⁸ FAO, “The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets,” 2020.
- ²⁹ Our World in Data, “If the world adopted a plant-based diet we would reduce global agricultural land use from 4 to 1 billion hectares,” March 4, 2021.
- ³⁰ Global Environmental Change, “Human appropriation of land for food: The role of diet,” November 2016.
- ³¹ International Food Information Council, “2021 Food & Health Survey,” May 2021.
- ³² Ibid.
- ³³ Good Food Institute, “Plant-based food retail sales grow 27 percent to reach \$7 billion in 2020,” 2021.
- ³⁴ Ibid.
- ³⁵ Barclays, “Insect protein: bitten by the bug,” November 14, 2019.
- ³⁶ FAO, “Environmental opportunities for insect rearing for food and feed,” 2013.
- ³⁷ Barclays, “Insect protein: bitten by the bug,” November 2019.
- ³⁸ WEF, “How soon will we be eating lab-grown meat?,” October 2020.
- ³⁹ Bloomberg, “Meat Grown in Israeli Bioreactors Is Coming to American Diners,” June 2021.
- ⁴⁰ McKinsey & Company, “Cultivated meat: Out of the lab, into the frying pan,” June 16, 2021.
- ⁴¹ Ibid.
- ⁴² Agronomy, “Consumption and Production Patterns for Agricultural Sustainable Development,” April 2021.
- ⁴³ FAO, “Food loss and waste must be reduced for greater food security and environmental sustainability,” September 2020.
- ⁴⁴ Ibid.
- ⁴⁵ ReFED, “Tracking Food From Farm To Table: New Technology To Ensure Freshness,” June 21, 2021.
- ⁴⁶ The Grocery Store Guy, “What Happens to Unsold Food in Supermarkets?,” 2021.
- ⁴⁷ The World Bank, “Global Waste to Grow by 70 Percent by 2050 Unless Urgent Action is Taken: World Bank Report,” September 20, 2018.
- ⁴⁸ FAO, “The State of Food & Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss & Waste Reduction,” 2019.
- ⁴⁹ Solactive AgTech and Food Innovation Index Methodology. If there are fewer than 15 pure-play companies, the index will include companies that have primary business operations in AgTech or Food Innovation Activities but do not currently generate revenues or generate revenues of less than 50%.

