

育土で可能に？

無肥料栽培の成立要因を考える

大久保 慎二（研究部）



はじめに

近年「奇跡のリンゴ」ブームのためか、「無肥料でも栽培ができる」「いやそんなの夢物語だろ」などという声が少なからず聞こえてきます。そもそも無肥料栽培とは何か？土壌改良材や緑肥は肥料か？などと深く考え書きだしたらそれだけでコラム1つになつてしまいそうですが、一般的には《化学肥料や畜ふん、〇〇かす、ボカシ肥、〇〇堆肥などの有機肥料を投入しない栽培》という感覚だと思っています。ここではそのような栽培を無肥料栽培と位置づけ、野菜栽培を想定してその成立要因を考えてみます。

養分はどこから来るのか？

作物の生育には窒素など15種の養

分が必要であり、少なくとも収穫物を持ち出す分は圃場から減っています。その養分を化学肥料や有機肥料の形で投入せずに栽培ができればとしたり、養分はどこから来るのでしょうか？

1. 雨雪や砂塵などとして空から入ってくる

最近ディーゼルエンジンの排気問題でも有名になりましたが、大気汚染物質の一つである窒素酸化物は酸性雨として降り注いでいます。その量が過剰であれば害がありますが、適度であれば作物にはいい養分となります。ヨーロッパで起きた大気汚染も、最初は作物の生育がよくなつて喜ばれたという話もあるくらいです。天災も作物には恵みとなる場合があり、火山ガスはアンモニアや硫黄などを含みますし、「カミナリ」



も大気中の窒素酸化物を増やします。田の雨と書いて「雷」という字や、稲妻や稲光という別名は、カミナリが稲の生育を良くしていたことを観察していた証拠なのでしょう。

また、毎年春に中国大陸から飛んでくる黄砂にはリンなどの養分がかなり含まれており、貧栄養状態が前提だった日本の山間にある湖の生態系を変えつつあるそうです。他にも、圃場から風食された砂塵は養分的に豊富という研究事例もあるため、雑草や緑肥を活用して風食が起きずむしろ周囲から飛来するものを捕まえる管理ができれば、養分は増えることになります。

2. 土や地下水、灌漑水として水が運んでくる

古代エジプトの農業は、毎年起きるナイル川の氾濫によって上流の肥沃な土壌が農地に運ばれてくるため、施肥をせずとも成立していたと言われています。また近年、そのエジプトでは灌漑による塩害が深刻になっていますが、それは、地下の水が養分を運びつつ上向きに動き、土壌表面で水が蒸発すると養分だけが残る、という現象による供給量が多すぎることで起きます。つまり、この量が適度であれば、溶脱を防ぎつつ地下の養分も持つて来られるハズです。

また、近年は河川や地下水の汚染問題が深刻ですが、その汚染物質の一つである硝酸態窒素も作物にとつては養分です。

3. 土の中の岩石から出てくる

圃場内の岩石が風化したたり、機械の耕耘で砕かれたり、植物が根から出す酸で溶かされたりすること、ミネラル分が出てきます。

4. 生きものにより供給される

空気の約8割は窒素ですが、植物はその窒素を直接利用できません。しかし、それを養分に変える微生物と共生することで利用できます。ここでは植物が光合成した有機物の一部を与える代わりに、微生物はその有機物をエネルギーにして空気中の窒素を養分に変え（窒素固定）、その一部を植物に与えています。窒素固定する微生物はマメ科やサツマイモ、アカウキクサなどと共生するもの、共生しないでも植物の根が出したり植物遺体が分解して出る有機物をエサに生きられるものなど多くの種類があります。

他の養分についても、土壌中にある植物が利用しにくい形の有機態リンは、ミミズが土を食べ、腸内で消化したり、キマメなど一部の作物の根の働きで、利用できる形に変わることでわかっています。

また、圃場外で摂食・成長した鳥やミミズなどが圃場に入ってきてフンをしたり死んだりすれば、それらもやがて分解して養分となります。落ち葉などが飛んできても同様です。

5. 気づかないだけで元々多くある・誰かが既に入れている

世界的に有名な肥沃土チエルノーゼムが広がる地帯では肥料をやらずとも小麦がよく穫れたそうですし、日本では北海道の森や原野を農地に開拓した際、肥沃な場所では何年も肥料をやらずに育てられたそうです。他にも河川の下流域周辺では上流からのさまざまな堆積物があり作土が深いためか、無施肥でもできると言われる場所が散見されます。そ

こには元々養分が多くあり、少しづつ貯金を切り崩しながら生活するような栽培が行われていたはずですが、日本の一般的な圃場においても、先祖代々の土づくりの成果や、施肥量が多かったため、しばらく肥料を入れずとも栽培可能な圃場は少なからずあります。

特に新しく畑を借りて作り始める場合、土壌分析をしなければ前の人が入れていた養分量には気づきにくいですが、たとえ分析値が低い養分濃度でも作土が深ければ、作物の利用できる養分の総量は多いことになります。また養分の元となる有機物は数年単位でゆっくり分解し養分となるので、それにも気づきにくそうです。



6. 肥料ではないと考えて入れている

これは冒頭に書いた通り肥料の定義があいまいなのが主な原因ですが、肥料とは思わず、緑肥の種子、苗の培土、敷き草やモミ殻などの収穫残さが圃場へ入れられていることがあります。苗の培土以外は養分として即効性が無いばかりかむしろ短期的には吸収できる養分を減らしてしまう可能性もあるのですが、長い目で見れば養分を増やしているのので、肥料と呼ぶかの判断は難しいところです。ただし、これらの有機物を持ち込まない人もいますし、これらだけで無肥料栽培の説明がつくわけではありません。

養分を逃がさず、少しずつ供給できるのか？

さて、養分は収穫物で持ち出されるだけではありません。雨水で流されたり、微生物の活動で窒素が空中に出ていたりもします。一方、圃場内に養分がたつぷりあっても、作物に一気に供給されてしまつては大問題です。つまり、無肥料栽培には養分を極力逃がさず、かつ少しずつ供給する仕組みも必要ですが、そのような仕組みはあるのでしょうか？

1. 腐植・粘土・団粒構造による効果

草や落葉などの有機物が分解されていくと、その一部は腐植という分解されにくいものになり土に長期間残ります。その腐植や土の中にある粘土はマイナスの電気を帯びているため、プラスの電気を帯びている養分を吸着し、雨で流れにくくします。

なお植物は、根から酸を出したりすることでその養分を吸うことができます。さらに腐植と微生物や植物の根、ミミズなどの生きものの働きによって、団粒構造という、排水性と保水性を両方持つ理想的な土の構造ができますが、その団粒の内部に閉じ込められた有機物は分解されにくく、徐々に分解され養分として出てくることとなります。また腐植も徐々に分解して養分となります。

2. 作物や雑草、土壌生物による効果

圃場中の養分を利用して作物や雑草が育ち、それをエサに土壌動物・微生物が育てば、養分は生きものという形で維持されていることとなります。それらは排泄行為をしたり死んで分解されたタイミングでまた養分となりますが、分解は何年もかけて行われるものもあり、また分解で出てきた養分も作物以外の生きもの



との競争になるため、作物にとっては徐々に供給されることとなります。特に一度土壌微生物に取り込まれた養分は微生物同士でやり取りするようになり、植物は利用しにくくなるそうです。しかしそこに微生物を食べる土壌動物が加わると、そのやり取りの一部が壊れ、植物も利用しやすくなると言われています。また土壌動物が土を食べることで、土の中で寝ていた微生物が活性化するという話もあり、それによっても養分供給が変わってくるのかもしれない。

なお、畑を耕すと良いことが沢山あるのはご存知の通りですが、無肥料栽培の観点からは悪いことも結構

あります。まず、土の中に急激に酸素が送り込まれることになり、有機物を分解する微生物の活動が活発になります。さらに地表面にある作物残さや雑草などがそこに混ぜ込まれるため、それらも急激に分解され、養分になってゆきます。また土の中の、特に大きな生きものの多くは、地表面の作物残さや雑草による被覆や根を住みかやエサにしているため、それを壊されたら死んだり逃げ出したりしてしまいます。すると養分はどんどんと流れ失われてしまうのです。つまり、耕さないか耕す回数を減らし、耕すことで壊れてしまいう立体構造を維持した方が、生きも



のや養分は維持され、また少しずつ養分が供給されるのです。

3. 気候や季節の影響

ここまで見てきたように養分の維持や供給には植物が生産する有機物がキーとなっていますが、その生産や分解などの生きものの活動は、温度の影響を強く受けます。昼間暑ければ、生きものの活動は活発になり、光合成による有機物生産やその分解

速度、つまり養分化速度も上がります。一方、夜暑いと、分解や呼吸などによる消耗は増えますが、光が無いので光合成はできません。また、作物がある時期に暑ければ有機物の生産も消耗も増えますが、ない時期に暑ければ消耗が増えるだけです。つまり、昼間暑くて夜冷え込む内陸性気候の方が、生産量と消耗量の差、つまり畑に残る有機物量が大きな

るはずですが。同様に、夏に作物をあまり作らない沖縄よりは、冬に作物を作らない北海道の方が、畑に残る量は多くなりそうです。

また春先の気温が上がらない時期は養分化も進まず栽培しづらいため、栽培可能時期を限定される地域もありそうです。他に過乾燥・過湿でも分解は進みません。

養分の吸収・利用効率は上げられるのか？

さて、養分が十分あれば無肥料栽培は成立するでしょうが、一見なさそうな場所で成立しているように見える事例もあります。そこでは作物の養分吸収力や利用効率が上がっているように感じています。そのような可能性はあるのでしょうか？

1. 作物の種類・品種の影響

やせ地でも育つソバ、サツマイモ、ジャガイモなどが作りやすいのは間違いないでしょう。同じナス科でもナスなどのいわゆる肥料食いな作物よりは、ミニトマトのような養分が少なくても育つとされる作物の方が生産量に期待ができそうです。また同じナスにしても、品種によっては養分が比較的少なくても育ちます。自然農法センターでは品種開発を行っています。少肥環境でも根張

りが良くなることで生育できる品種を一つの育種目標とし、少肥かつ草と競争する環境で選抜し、その効果を確認しています。もしかしたら茎葉部からの吸収も含め効率が上がっているのかもしれない。さらに、作物は色々な遺伝子を持っているため、たとえ少肥に適應する遺伝子を持った品種だとしても、発芽直後や前作のタネが生産された環境が多肥だと、その遺伝子は使われなくなる可能性もあると考えられています。

2. 共生微生物との関係

植物と共生する微生物は沢山いて、植物の内部に入り込んで養分などの吸収を助けたりするものや、根の周りに住み着いてホルモンを供給するものなどが知られています。中には植物が殆ど吸えない有機態窒素を供給できるものや、感染により根張りが良くなるものもいるようです。なお、これらの微生物の多くは養分の少ない環境や堆肥の施用で作物への感染が増えることが確認されています。

3. 土壌物理性との関係

養分を吸収する根がよく張る土といえば、軟らかく、水持ち・水はけのよい土です。団粒構造の発達が一つの目安ですが、他にも作物は土の中の生きものが掘った孔を利用して

速やかに根を張ることも確認されていますので、生きものを増やして孔を増やし、またそれを壊さない方法もありそうです。圃場内の小石も、根張を良くする隙間を作ったり、その蓄熱効果により有機物の分解促進をしているなどの役割があるのかもしれない。

無肥料栽培の成立とは？

ここまで無肥料栽培を成立させような要因を便宜的に分けて考えてきましたが、実際は分けにくく、動的で複雑な世界ですので、人によって分け方もさまざまだと思います。さて、果たして無肥料栽培はこれら要因だけで成立しているのでしょうか？またどのくらいの期間成立し続けるのでしょうか？残念ながら答えは分かりませんし、場所によって当てはまる要因やその寄与率もさまざまだと思います。しかし無肥料栽培とされる現場では、これら要因のいくつかが起き、また活用されることで適地適作になっているのではないかと考えています。さらに、無肥料栽培に関してはその成立の可否を判断する感覚の問題も大きいと思います。慣行農法とそんな収量が10年続くことを考えるのであれば成立範囲は狭くなりますし、収量

はその6割くらいでも20年くらい継続することに意義があると考えれば、その範囲は広くなりそうです。昔からある力ヤの刈敷き農法を草刈り場まで含めて圃場と考えたり、焼畑農法を非作付期間も含めて考えれば、どちらも効率は悪いけれど持続可能な無肥料栽培と言えるでしょうが、この意義をどう考えるか、人それぞれなのと同じです。他にも無肥料栽培の低い環境負荷やコスト、高めやすい品質やブランド価値、そして人や場所によってそれぞれ異なる労働時間や「やり甲斐」など、それぞれの加味する判断基準によって成立すると考えるかどうかは変わってきます。

無肥料栽培を实践するには？

ここまで見てきたように、無肥料栽培にはさまざまな要因が絡んでいますが、栽培を開始する圃場の状況を大きく二つに区分すると、圃場に既に蓄積している有機物量や養分量は、「入れすぎ」と「ギリギリ」の二つあるのではと考えています。「入れすぎ」の圃場では始める場合は、回数を多く耕したり、ポリマルチで加温して土の中の有機物分解を早めることで養分を絞り出していくイメージでもしばらく栽培可能だと

思います。一方、「ギリギリ」の圃場では、ここまで見てきた要因の大半を活用するための観察や管理が求められそうです。理屈で実践しようとする場合は、圃場を周辺まで含めて生きものや物質が行き来する場ととらえつつ、その圃場でこれまでなされてきた管理の歴史を踏まえ、未来へと続く大小さまざまな循環を模索・構築していく力が求められることでしょう。しかも、栽培可能品目や収量は思い通りにならない可能性も高いです。それでもこの栽培方法に「面白さ」「やり甲斐」などを感じられる場合に実践するといいたくはと思います。

無肥料栽培の現在と未来

無肥料栽培は、圃場周辺から流れてくる資産を逃さずに活用しつつ、地力という資産を作物に都合のいい生きものに投資し、その利益で作物を生産することだと考えます。実際の地力資産は減っていくことが多いのでしようが、利益を多く生み出し減少を気づかないレベルにするのがこの栽培方法の一つの楽しみだと想像します。実施者の多くはその具体的メカニズムの不可思議さに魅力を感じているのではないのでしょうか。

一方、無肥料栽培に対しては批判

も多くあります。それは、無肥料栽培をしている人が成立要因を元素転換に求めたり非科学的なのが主な原因に思えますが、批判する人側も含めて肥料の定義が曖昧だったり成立基準の収量や期間などを示さず主張していて、議論にならないのが現状かと思っています。しかし、無肥料栽培の現場では単に余剰肥料の切り崩しに依存するだけでなく、未知の仕組みによる資源の有効活用がなされている可能性が高いと考えます。またそれらの解明は「育土技術」への応用にもつながると考えます。

そこで私研究者としては、無肥料で栽培することは目的化せず、育土や減肥技術への応用などの新しい可能性を探る手段としての無肥料栽培と位置づけていきたいです。化学肥料依存の栽培で腐植が減り地力が下がった歴史があり、また修正されつつあるように、無肥料栽培もゆっくりに地力が下がり、いずれは何か入れなければいけない日が来ることでしよう。しかし過去の化学肥料栽培の研究や実践が無意味ではなかったことと同じように、無肥料栽培の研究や実践にも意義があるはずだと思います。今後はこのような視点から研究を進められればと考えています。