

研究

不耕起畑における土壌環境と作物の根について

辻博之（農業研究センター）

はじめに

欧米などで土壌浸食の防止、あるいは省力などを目的として、不耕起栽培(no-tilled cropping)を含む、保全的耕起 (conservational tillage)、最小限耕起 (minimum tillage) などの方法が検討され始めたのは、比較的近年である。しかしながら鋤や鍬などの農具の発明以前はせいぜい棒などで播種穴をつける程度であったろうと考えられる。現代でも焼き畑農業のような伝統的な農法の中には耕転作業をとまわらないものが多く、また、日本の二毛作地帯でも冬作の畦間をごく一部耕起して夏作物を播種する間作 (inter cropping)、つなぎ作 (relay cropping) のような形で不耕起栽培、またはそれに近い栽培方法がとられてきた。そのようなことから不耕起栽培技術は古くて、新しい技術などといわれている。

本稿では不耕起畑の土壌環境が慣行の耕起畑とどのような点で違いがでてくるのか、それを受けて根はどう変化するかについて知るところを記していきたい。

なお、「不耕起」という用語について、種子を土中に挿入する作業はある程度の耕転をとまうので、これを適当でないとする意見がある⁽¹⁾。しかしながら、不耕起栽培という用語は、すでに定着した用語に思えるので、本稿ではまき溝を作るなどの最低限必要な耕起のみを行って作物を栽培した場合は、不耕起栽培の用語を用いることとする。

耕起を行う理由と不耕起栽培の利点・欠点

Phillips et al.の総説⁽²⁾では、実際の農業にたずさわる人々が、耕起を行う理由をどのように考えているかをまとめており、その中には雑草防除、出芽苗立ちを良好にするため、土壌の通気を良好にするため、作物残渣のすき込みによる病害虫防除、圃場の均平、整地による作業性の向上、肥料の混入、地温上昇、伝統、確立された慣習、などととも根の生長促進も挙げられている。しかし、耕起を行う理由として最大のものは、雑草の防除であろう。農耕の継続は、出芽してきた雑草と土壌表層の雑草種子を耕起によって土中に埋めることにより、雑草の発生を遅らせ被害を軽減することなしに不可能であった。しかし、今日、除草剤の開発と普及により、不完全ながらも耕起によらない除草を可能にしたため、土壌の反転、攪拌を最小限にした、不耕起栽培が可能となった。

不耕起栽培には、土壌侵食を防止する、燃料の節約や、省力によって生産費が低減する、土壌水分保持力が向上することによる干害の危険度が小さくなる、降雨直後や雪解け後などの作業を可能にするなどの利点があるのに対し、地温が低下する、除草の困難になる、出芽が不安定になる、排水が不良になるなどの欠点がある。これらの利点を活かす、また欠点が小さい、いわば不耕起栽培の適地と考えられているのは、Phillips et al.の総説によれば、排水が良く、土壌が軽しような土地であり、傾斜地では土壌浸食防止の点からよりいっそう不耕起栽培が望ましいとしている。日本では転換畑で不耕起栽培の導入が検討されることが多いが、その場合出芽不良が問題となる例が多く見られる。

不耕起畑の土壌環境の特徴と根の反応

不耕起栽培では、土壌の圧縮がよく問題となる。気象や土壌の条件によっては、土壌の

圧縮にともなう機械的抵抗の増加や酸素不足が根の生長、ひいては作物の生育に対して決定的な悪影響を及ぼす。しかしながら、耕起省略にともなう土壌環境の変化は根の生育にとって必ずしも悪影響だけを及ぼすわけではない。慣行耕起栽培と不耕起栽培で土壌環境が異なる点について、その主なものと、根への影響をまとめると以下のようになる。

a. 土壌水分保持力の増加　不耕起栽培では作物残渣が土壌の表面を覆うために、水の蒸発が抑制され、加えて、孔隙が小さくなるために土壌水分の保持力が向上する。排水の良い土壌条件下では作物は土壌中の水を利用しやすく、生育が促進され、根の生長も促進されると考えられている⁽³⁾。

b. 地温の抑制　作物残渣による日射の遮断と、土壌水分の増加により、地温の上昇が抑制される。慣行耕起との地温差は条件によって1~10℃と大きな幅を持つ。また、一日の中でも最低温度の差は小さいが、最高温度の差は大きくなる。低温が作物の生育を抑制する条件では根の生長も抑制されるが、高温が問題になる熱帯地方ではむしろ促進される^(2, 3)。

c. 土壌の圧縮　土壌の破碎・攪拌を行わない不耕起栽培では、土壌が圧縮され、機械的抵抗が増大し、根の伸長は抑制される。また、排水が悪い圃場では土壌中の酸素が不足しやすくなり、根の生長が阻害されやすくなる。しかし、排水が良好で酸素の供給が十分で、圧縮の程度が適度である場合には、養水分が移動しやすく、根と土壌および水との接触率も高まるため、養水分の吸収が促進され、生育を促進する⁽³⁾。

d. 土壌動物の増加　不耕起栽培ではミミズなどの小動物の掘孔が耕起によって破壊されないため、小動物の数が増加し、活力も高まると考えられている⁽⁴⁾。ナイジェリアの例では、不耕起畑の低地温、高土壌水分といった条件が、ミミズの活力を高めるため、慣行耕起栽培に比べて不耕起栽培のミミズは約5倍の活力があったという⁽⁵⁾。これらの動物が作った孔は、根の進入路となりえる。Ehlers et al.⁽⁶⁾は、圃場における土壌貫入抵抗とえん麦の根長密度の変化を調査した結果から、根の伸長が止まる貫入抵抗値を計算したところ、不耕起畑の作土では4.9MPaであったのに対して、慣行耕起畑の作土では3.6MPaであった。Ehlersらはこの違いの理由として、ミミズの掘孔を通る根が不耕起畑で多くなることをあげている。

このほかにも、施肥が土壌に混入されないためにおこる養分の表層集積や、カルシウム溶脱によるpHの低下も報告されている⁽²⁾。

不耕起栽培畑作物の根系分布

不耕起栽培の作物の根系を調査したこれまでの報告によると、慣行耕起栽培に比べて土壌表層の根長、または根重が増える傾向がある^(2,6,7)。それに対して深層の根長密度、または根重は慣行栽培に比べて少いこともあるが、おおむね差は小さく、時には増加する⁽⁶⁾。筆者ら⁽⁷⁾は、ステンレス製のバスケットを圃場に埋設し、不耕起栽培と慣行耕起栽培の大豆とトウモロコシの根系を比較した。その結果、不耕起栽培では、大豆の種子根を除く一次根が、慣行耕起栽培の根に比べて水平に近い角度で伸びており、そこから発生する側根の発達も旺盛であり、結果的に表層の根が増加していた。このような根系分布の変化は、不耕起畑における土壌水分の増加⁽²⁾、地温上昇の適度な抑制⁽⁸⁾、機械的抵抗の増加などが要因になっていると考えられているが、耕起省略にともなう土壌環境の変化は前述のように多様であり、なお検討を要する。

このような不耕起栽培の作物の根系の分布が、栽培上問題になるかどうかについては十分に論議されているとはいえないが、不耕起栽培の大豆やトウモロコシでは転び型の倒伏は起こりにくく、また、土壌表層には養分が集積しやすいうえ、土壌表層の利用可能な水分も多くなるため、養水分の吸収に不都合がおこる機会も少ないように思われる。

根菜類の収量

根菜類では土壌の圧縮による機械的抵抗の増大が、分岐根の発生による品質の劣化や、根の肥大抑制の直接的な原因となることが多い。そのため、根菜類は不耕起栽培にはむかないと考えられている⁽⁹⁾。しかしながら、花井ら⁽¹⁰⁾は北海道の火山灰土壌の畑で、簡易耕（深さ15cm程度の移植用植溝部分のみ耕起）でテンサイを栽培し、根の肥大速度は慣行耕起栽培に劣るものの、不耕起栽培では雪解け後速やかな移植が可能となるため、慣行栽培とほぼ同等の収量を得ることが可能で、可製糖分の増加により品質が向上することを認めている。

おわりに

不耕起栽培の作物の根については、根の垂直分布についてこそ多くの研究例があるものの、その他の点については、今のところ十分な研究がなされているとは言えない。今後、不耕起栽培の利点をより活かした栽培管理方法の検討、あるいは不耕起栽培特有の生育特性の要因を解明していく過程で、不耕起畑の土壌環境と作物の根の関係について検討が必要となる事があるだろう。

引用文献

- 1) Russell,R.S. (田中典幸訳) (1977)作物の根系と土壌：農文協
- 2) Phillips,R.E.and Phillips,S.H.(1984)No-tillage Agriculture
：Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- 3) Boone,F.R.(1988) Soil Tillage Res. , 11, 283-324
- 4) Lal,R. (1976) Soil Sci Soc Am J, 40, 762-768
- 5) 金沢晋二郎 (1994) 農業技術体系、土壌施肥編5,132の10-132の16：農文協
- 6) Ehlers,W.et al. Soil Tillage Res. , 3, 261-275
- 7) 辻博之他 (1996) 日作紀, 65, (別1)
- 8) Maurya,P.R. and Lal,R. (1980) Expl Agric. , 16, 185-193
- 9) 畠中哲哉、塩崎尚郎 (1987) 土壌の物理性, 54, 2-13
- 10) 花井雄次他 (1985) 日作紀, 54, 324-310