

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 9 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22880011

研究課題名（和文）消極送水地下灌漑と土中残存根の保水機能による節水農業技術に関する基礎研究

研究課題名（英文）A water-saving agricultural technology using passive underground watering and retaining moisture in residual roots

研究代表者

土居 良一（DOI Ryoichi）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：20587125

研究成果の概要（和文）：

園芸作物（ダイズとバジル）を用いて基礎試験を行った。消極送水の室内実験では、当技術が過剰な表面散水の回避、したがって、塩類集積や地下水汚染の回避による土壌環境の保全に寄与する一方、作物への水供給量を最適化することが課題となった。消極送水では、作物が必要とするよりも少ない水分が与えられることがあり、これが作物へのストレスとなり、収量や光合成産物の器官間分配の変化のほか、生理状態への悪影響が発生することが示唆された。また、チュニジアでの圃場試験では、ダイズにおいて、土壌環境保全効果のほか、労力の軽減効果が示された。現地試験期間での観察では、ごく断続的な降雨による水分が作物に利用され、消極送水による水分供給は、日照りが続いた期間に水分の不足を補ったことが示された。上記効果の有無をタイ国内でも検証すべく、タイ国アジア工科大学内の試験圃場での試験を開始したが、その後、洪水が発生し、圃場が水没したため、現地での試験を中止した。残存根による保水効果を検証する追試を行うため、土壌カラムを作成し、葉菜類やダイズを植え、土壌カラム内の根の密度を可能なかぎり高めた。その土壌カラムを最大容水量とし、50℃における水分の減少を計測した。結果、土壌のみで、作物の根がない場合と根を含む土壌カラムとの間に有意な差は認められなかった。透明な筒を利用した観察では、土壌中に根が伸長するにもなって、土壌表面と下層をつなぐ微細な空間が目視された。根によって形成された空間を通じて水分が失われることが、保水効果を低減する要因と考えられた。

研究成果の概要（英文）：A basic study was conducted using horticultural crops (soybean and basil). A laboratory experiment of passive watering showed that the watering may realize the prevention of excessive surface watering thus contributes to conservation of soil environments by avoiding accumulation of salts on the uppermost soil layer and groundwater pollution. On the other hand, the quantitative optimization of the water supply was emerged as a technical issue. In the current watering technique, a smaller amount of water than that a crop requires may be given so as to result in the stress that affects yield, inter-organizational allocation of photosynthetic products, and the occurrence of negative physiological processes. Using soybean, a field experiment in Tunisia showed soil conservation effects in addition to minimization of labor were indicated. The experiment in Tunisia suggested that in the experimental period, the crop primarily utilized occasionally available rain water, while passive watering compensated for an amount of shortage of water as a result of consecutive dry days without rainfall. The above effects were planned to be investigated in the experimental field of the Asian Institute of Technology, Thailand. However, the experiment was ceased because the field was inundated due to the floodwater. By preparing soil columns, another laboratory experiment was made to observe water-retention by residual roots of crops. The density of crop root in the soil column was maximized by planting a leaf crop or soybean. The soil column was water-saturated then subjected to 50 °C incubation. The loss of water

from the soil column with roots was not significantly different from that from the control which did not have roots. This insignificant difference was thought to be caused by narrow gaseous spaces created by and along the roots through which soil moisture was brought from the deepest layer to the soil surface, according to the observation of the structure in the soil columns prepared by putting the soil in a transparent plastic tube.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,260,000	378,000	1638,000
2011年度	1,160,000	348,000	1508,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,420,000	726,000	3146,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業土木学・農村計画学

キーワード：園芸作物、乾燥地、適正技術、土壌と地下水の保全、水資源

1. 研究開始当初の背景

乾燥地や山地尾根部等で農業用水が不足する耕地では、地下灌漑が節水に有効であるとされる。地下灌漑は 1960 年代にソ連や東欧における開発研究の事例報告がいくつか存在する。日本その他においては、商業利用をめざした開発研究が圃場での作物栽培試験を通じて行われている。他方で、既存の地下灌漑の問題点として、投資や制御の難しさ、定量的定性的評価に基づく改善や生産現場への適応といった項目が挙げられる。既存の地下灌漑では、ポンプなどによって積極的に作土層に送水するが、その場合、作物にとって最適な水分供給量から大きく逸脱する危険がある。これらの問題点を解決するために、水分利用の主体たる植物の根が必要最小量の水分を送水末端とその近傍から吸収する性質を利用する、といった着想に基づいた研究事例は過去に存在しなかった。また、植物の残存根を保水目的で利用する研究事例も見出されず、したがって消極送水地下灌漑と土中残存根を利用した節水農業の研究事例は過去に存在しない。他方、申請者は、消極送水地下灌漑が高い節水効果をもたらす、という示唆を得た。すなわち、作土層が 20 cm となるポットにバジルの幼植物を移植し、2L の貯水槽から深さ 10 cm に消極送水を行ったところ、25 x 20 cm の範囲にあるバジル 10 個体以上が 8 月の名古屋で 1 ヶ月以上にわたって盛んに生育した。日射量は天然のそれにほぼ等しく、土壌表面への散水とした対照区では、毎日 500 mL 以上の水を消費した。その後もネギやホウレンソウなどで同様の効果が観察されたことから、それら作物の根が、消極送水の末端近傍のごく限定された空間から水分を吸収して生育できる、と考えている。また、バジル等では、土壌表面への散水を継続すると、生育期間中に残存根がよく発達し、土壌の保水に寄与すること自体はよく知られていることから、当技術の効果増大に寄与すると考えられる。

2. 研究の目的

本研究で消極送水地下灌漑と呼ぶものは、ポンプ等で積極的に送水する既存の地下灌漑に対して、ポンプ等を利用せず、送水部分の末端とその近傍で作物の根が必要最小量の水分を利用することで、より高い節水効果を目指すものである。送水部分の末端からは、土壌中への緩慢な送液がなされる。ポンプ等を利用せず、コストの低減や保守管理の簡便化が期待された。これに加えて、土中残存根との相乗効果が期待できた。本研究で利用する土中残存根は、土壌中での保水を目的として土壌中に残存させる作物の根をいう。そのよう

な土中残存根の効果についても検証し、適用可能性を評価した。

本研究の目的は、農業用水が不足する農業生産現場での適用をめざし、消極送水地下灌漑と土中残存根の効果を定量的かつ定性的に評価し、改良や実証試験を通じた基礎的知見を得ることであった。

3. 研究の方法

室内実験と圃場試験を行った。室内実験では、栃木県内の畑地土壌を利用して、円筒形のアクリル筒を土壌の層に見立てて、ダイズを栽培し、送水実験を行った。また、同様のアクリル筒にダイズ、コマツナなどの園芸作物根を最大限まで生育させ、保水試験に利用した。圃場試験はチュニジア国内で行った。圃場試験では、ダイズを利用し、また、送水末端として、ペットボトルの先にトイレットペーパー、市販の地下送水末端などを装着して、水の消費やダイズの生育を観察した。

4. 研究成果

ダイズによる室内実験は、気温 28 度前後、昼夜 12 時間ごとで、昼間の照度は 1420 lux とした。ダイズは滅菌したバーミキュライトと滅菌水にて発芽させ、図 1 のような試験装置を利用した。

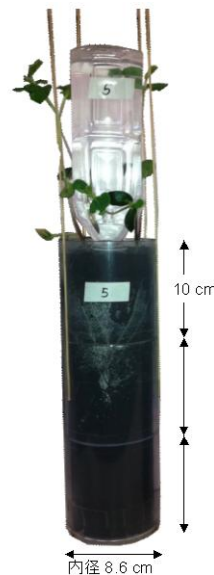


図1 実験室での栽培試験に利用したアクリル円筒と送水方法

当試験では、各円筒あたり、4 個体のダイズを利用して、水分消費とダイズの生育応答を観察した。水分は図 1 に示すように、500 mL のペットボトルに入れて、ボトルの口の部分にトイレットペーパープラグ、市販の送水末端を装着した。市販送水末端はそのまま利用するか、周辺に合成繊維の不織布をまいたものを利用した。対照区では、水を 1 ないし 3 倍量土壌表面に与える方法をとった。

図 2 にこれら処理区と対照区での水消費量の推移を示す。既製品の送水末端を利用した区では、水の消費が対照区の 1 倍量以下となり、ごく初期の段階で水が出る穴が閉塞したことが示された。

一方、トイレットペーパー処理区では、途中までは水が出ていたが、1 ヶ月ほどたったと

ここで、水の供給がほぼ停止した。微生物の増殖による送水末端部分の目詰まりが示唆された。

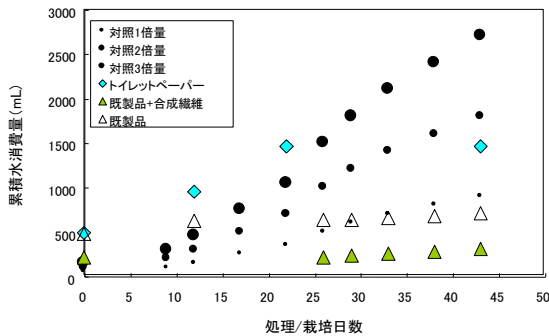


図2 各対照と処理区での累積水消費

これら、各処理と対照について、ダイズの生育応答を観察した。結果、消極送水の各所陸では、豆、さやの乾燥重量が対照区に比較して、低下した。対照区の1倍量より累積水消費量が大きかったトイレットペーパー処理区でも、消極送水がとくにダイズの子実生産を有利とすることはなかった。

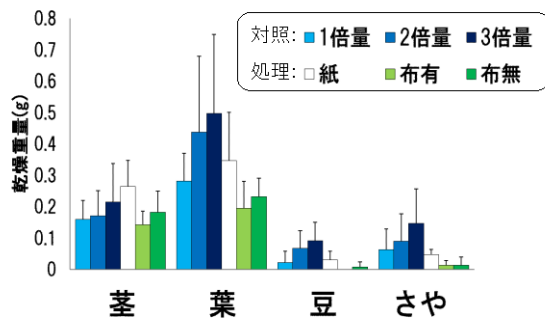


図3. 各処理条件下でのダイズの生育応答

単位水諸費あたりのバイオマス生産を比較したところ、消極送水の各処理区では、茎、葉、豆、さやを合算した地上部バイオマス生産では、顕著な違いは見られなかった。他方で、消極送水の処理区では、茎の重量が大きくなる傾向が見られた (図4)。

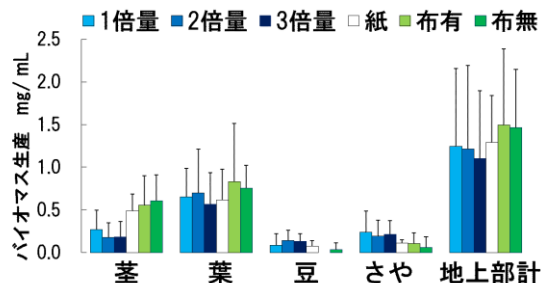


図4. 水消費あたりのバイオマス生産

本室内実験で与えた水分量は、対照区では、ダイズが利用しうる最大量を上回り、アクリル筒の下にビニール袋を設置して、余剰の水を蓄えることとなった。他方で、各処理区や対照区の1倍量では、ダイズが利用しうる水の最大量を下回る水分しか供給されなかったことが、子実やさやの重量減少より示唆されている。このことは、これら処理区では、ダイズにとって、水が不足する条件であり、当条件では、水消費は低減できるものの、目的とする子実の生産には不適な条件であると考えられた。他方、バイオマス全体を見たところ、水消費あたりのバイオマス生産では差が見られなかったことと、対照区の3倍量では、余剰の水がアクリル筒 (土壌カラム) の底面を通過したので、実際の圃場では、このような過剰な農業用水の供給が発生していると思われる。この試験では処理区の送水末端の機能が不十分であったが、これを最適化することで、土壌を通過し、汚染された農業用水が地下水へ流亡することによる地下水汚染を軽減したり、過剰な水供給をおさえ、乾燥地などでの適用を可能とせしめることが示唆された。

また、残存根による土壌水分保持試験を行ったところ、ダイズのほか、コマツナ、チンゲンサイ、レタス、ホウレンソウを利用し、残存根カラムを作成、気温 50 度のもとでの、水分減少を観察した (図5)。これらすべての園芸作物根の保水効果は残存根を含まない土壌のみの対照に比べて、水分減少が有意に抑制されることはなかった。



図5. 残存根土壌カラムの作成

期待された保水効果が見られなかった原因として、残存根とその周辺に発生する間隙が観察され、この間隙からアクリル円筒の壁を伝って水分が失われた可能性が考えられた。アクリル円筒を利用したことによるアーティファクトがありえ、実際の田畑での環境とは違ってしまったと思われる。圃場現位置での効果は別途評価する必要がある。

チュニジアではダイズを用いて、上記室内実験と同様に、ペットボトルとトイレトペーパーまたは市販の送水末端を利用した圃場試験を行った。結果、地上部や子実の生産は対照区との有意差が見られなかった。ボトルの水も利用されていたが、現時点では、もともと土壌中に含まれていた水分をダイズがどの程度吸収したのかが定量的に把握できていない。ボトルの水は補助的に利用された可能性があり、これを主たる水分供給源とするよう、さらなる最適化を行えば、限定された水資源で作物生産を可能として、さらには、土壌保全にも寄与することがさらなる課題として示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Doi, R. Quantification of leaf greenness and leaf spectral profile in plant diagnosis using an optical scanner
Ciência e Agrotecnologia **36**, 2012 309-317

[学会発表] (計 件)

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v36n3/06.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土居 良一 (DOI Ryoichi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教
研究者番号：20587125

研究者番号：

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：