

中国・洛惠渠灌区における地下水質と栽培作物に応じた適切な地下水利用量の推定

水利用学分野 山田 直明

キーワード：用水管理，作物耐塩性，電気伝導度，ナトリウム吸着比

1. 諸言

洛惠渠灌区洛東区は中国陝西省大荔県に位置し、灌漑面積は 32,000 ha で平均気温 13.3 °C，年平均降水量 483 mm である。洛東区の概要を図 1 に示す。対象地区では冬，春，夏の各灌漑期に 1 回程度灌漑が行われる。また天候や作物の状況により地下水を補助的に利用するが，地区により地下水の電気伝導度(EC)，ナトリウム吸着比(SAR)の

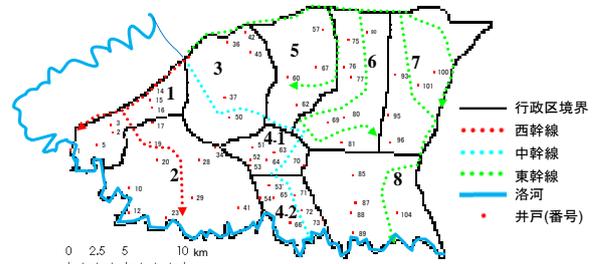


図 1 洛惠渠灌区洛東区の概要

値が高く，灌漑水として不適な地下水を利用するため作物への影響が懸念される。この問題に対処するため，佐々木(2009)は作物耐塩性と地下水の EC の点から地区別，作物別の地下水利用可能量の推定とそのマップ化を行った。本研究では，さらに土壌のナトリウム質化の危険性を表す指標の SAR，降水量の変化と作物収量を考慮し，井戸別，作物別に評価し地下水利用可能量の推定を行った。

2. 研究方法

2.1 データ収集

洛惠渠灌区洛東区に点在する井戸のうち，56 箇所を対象に採水を行い EC，SAR を測定した。河川水の EC，SAR は取水元の洛河で採水し測定，算出した。灌漑水量には計画灌漑水量を用い，作物耐塩性は FAO の EC と収量の関係式(FAO, 1989)を引用した。また収量が 100%，90%，80%となる EC の上限閾値を作物の耐塩性とした。対象作物は綿花，小麦，ナツメ，リンゴ，ナシ，トウモロコシ，アンズ，モモの 8 種類とした。配水量は水管理局より入手した 2004~2008 年の各地区への日配水量の記録から灌漑期別に算出した。また降水量は 2002~2010 年のデータから灌漑期ごとに多雨年(844 mm)，平年(483 mm)，少雨年(336 mm)の降水量を算出した。

2.2 評価方法

使用する河川水量，地下水量と各々の EC，SAR の値から灌漑水の EC，SAR を算出する。その灌漑水の EC の値が作物の耐塩性を上回り，灌漑水の SAR の値が 9 を超過すると作物収量に影響が出ると仮定した。計算には式 (1)，(2)，(3)を用いた。

$$W_r + W_g \geq W_i \dots(1) \quad \frac{W_r \times a + W_g \times b + R \times c}{W_r + W_g + R} \leq T_{crop} \dots(2) \quad \frac{Na1 \times \frac{W_r}{W_r + W_g} + Na2 \times \frac{W_g}{W_r + W_g}}{\sqrt{\frac{(Ca1 + Mg1) \times \frac{W_r}{W_r + W_g} + (Ca2 + Mg2) \times \frac{W_g}{W_r + W_g}}{2}}} \leq 9 \dots(3)$$

W_i : 灌漑水量 (mm), W_r : 河川水利用量 (mm)

W_g : 地下水利用量 (mm), R : 降水量 (mm)

a : 河川水の EC (dS/m), b : 地下水の EC (dS/m)

c : 降雨の EC (dS/m), T_{crop} : 作物の耐塩性 (dS/m)

$Na1, Ca1, Mg1$: 河川水の Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} のイオン当量 (meq/L)

$Na2, Ca2, Mg2$: 地下水の Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} のイオン当量 (meq/L)

図中の式 (1)が灌漑水量の下限を，式 (2)が耐塩性の上限を，式 (3)が SAR の上限を示す。この 3 式を満たす範囲内で地下水を灌漑利用すれば作物に影響が出ないとする。図中の縦線(4)は実際の配水量を示す。また式(1)と式(2)もしくは式(3)の交点は最低限必要な河川水利用量を示し，その点の地下水利用量を地下水利用可能量とした。地下水利用可能量は地下水質の変動によって上下するため，

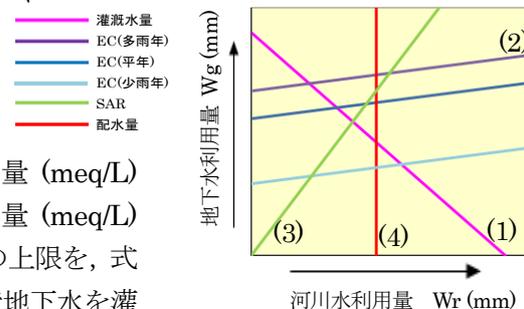


図 2 地下水利用可能量の算出

ECmax, SARmax および ECmin, SARmin のときの地下水利用可能水量をまとめた。

3. 結果および考察

3.1 個別の井戸の結果

地下水の EC が 4.5 dS/m と高く、SAR が 11.9 と高い地区 3 の Well No.42 を例として作物別地下水利用可能量の算定結果を図 3 に示す。耐塩性が比較的高いナツメ、小麦、綿花は EC の評価において少雨年時でも灌漑水量を超える地下水を利用できるため、地下水利用可能量に制限はないが、SAR が高いため地下水利用可能量は灌漑水量の約半分となる。配水量が少ないトウモロコシは、灌漑水量が足りないため水ストレスを引き起こし、作物収量に影響を与える。配水量の多いアンズ、モモは、少雨年時においても 100% の収量が得られる地下水の灌漑を行える。リンゴ、ナシは耐塩性が低いため、80% の収量が得られる地下水の灌漑も行えない。そのためリンゴ、ナシの地下水の灌漑は適さない。以上のことから Well No.42 周辺で栽培に適している作物は、地下水を利用しても 100% の収量が得られる小麦、綿花、ナツメ、アンズ、モモであると考えられる。

3.2 洛東区全体の結果

全ての地区における 8 種の栽培作物の地下水利用可能量を算出した。その中で降水量の差により結果が変化するトウモロコシについて表 1 に示す。トウモロコシは地下水の EC が 1~2 dS/m、SAR が 9 以下と低い地区 1、4-2、5、8 は少雨年時においても地下水で灌漑を行える。EC が 3.6 dS/m を示す地区 2 は少雨年時における地下水の灌漑は適さないが、地下水の利用により平常時は 80% の収量、多雨年時は 90% の収量が期待できる。また他の作物についても同様に考察すると、耐塩性が高く、配水量が多いナツメは少雨年時においても水と塩のストレスを受けず、全ての地区で地下水の灌漑を行える。同じく耐塩性の高い小麦、綿花は EC の評価において地下水を利用できるが、小麦は地区 4-1、綿花は地区 3、6、7 で SAR が高く、配水量が少ないため地下水の灌漑は適さない。リンゴ、ナシは EC、SAR が低い地区 4-2、8 と EC が 2~3 dS/m と少し高めだが配水量が比較的多い地区 1、5 で地下水の利用が可能である。アンズ、モモは配水量が多いため、作物に水ストレスを与えず、塩のストレスもあまりなく地下水の灌漑ができる。また東幹線水路の配水量は西幹線や中幹線水路に比べて少ないため、東幹線水路の末端にある地区 7、8 では地下水を他の地区よりも利用する。この地区における地下水の EC は低い、SAR が高い井戸が多いため、地区 7、8 では地下水利用量を制限する必要がある。

4. 結言

本研究では作物の耐塩性と地下水の EC、SAR、降水量の変化、作物収量を考慮して地区別、作物別の地下水利用可能量を推定した。また少雨年時、平常時、多雨年時における地下水利用可能量を活用することで、降水量の変化に伴った河川水の地区間、地区内での用水配分を考慮し、水利用効率を高めることができる。またその精緻化には、対象地区のより詳細な作物別収量、作物別の栽培面積、灌漑の実態解明および地下水の EC、SAR のモニタリングが必要である。

参考・引用文献 1) 佐々木幸太(2009): 中国・洛恵渠灌区における地下水の適切な灌漑利用に関する研究 2) 洛恵渠誌編纂委員会(1995): 洛恵渠誌, 陝西人民出版社, p.159 3) FAO(1989): Water quality for agriculture, FAO Publication No.29, pp.7~9

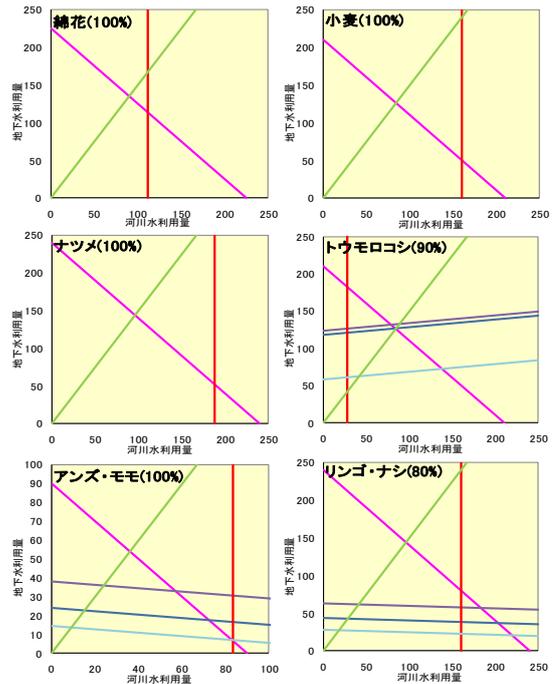
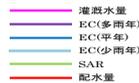


図 3 Well No.42 における作物別地下水利用可能量の算出

表 1 トウモロコシの地下水利用可能量(mm)

年	地下水利用可能量(トウモロコシ)								
	地区1	地区2	地区3	地区4-1	地区4-2	地区5	地区6	地区7	地区8
少雨年時 336 mm	(90)~210	(82)~190	(28-53)	(54~89)	(140)~210	(61)~210	(78~140)	(90)~143	(101)~210
平常時 483 mm	(90)~210	(82)~190	(28-53)	(54~89)	(93)~210	(61)~210	(78~140)	(90)~143	(77)~210
多雨年時 844 mm	(90)~210	(82)~190	(28-53)	(54~89)	(100)~210	(61)~210	(78~140)	(90)~143	(82)~210

■ 収量 100% ■ 収量 90% ■ 収量 80% ■ 地下水利用が不適
括弧内の数値は配水量不足により水ストレスを引き起こしたものを示す