



Doctoral Thesis

Bodenversalzung im Unterwallis Ursachen, Mechanismen und Verbesserungsmaßnahmen

Author(s):

Schmidhalter, Urs

Publication Date:

1986

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000405028> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8052

**BODENVERSALZUNG IM UNTERWALLIS:
URSACHEN, MECHANISMEN UND
VERBESSERUNGSMASSNAHMEN**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
URS SCHMIDHALTER
dipl. Ing. agr. ETH
geboren am 22. Oktober 1954
von Brig, Ried-Brig und Termen

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J.J. Oertli, Referent
Prof. Dr. H. Flühler, Korreferent

Zürich 1986

9.0 ZUSAMMENFASSUNG

Günstige Standortbedingungen im Rhonetal ermöglichen eine sehr intensive landwirtschaftliche Produktion. Als Folge erhöhter Salzgehalte der Alluvialböden der Rhoneebene werden bei Gemüsekulturen häufig Ertragsreduktionen und -ausfälle beobachtet. Ziel dieser Arbeit war es, Ursachen und Schadmechanismen der Bodenversalzung abzuklären und Massnahmen zur Verbesserung vorzuschlagen.

Das Rhonetal weist ein ausgeprägt kontinentales Klima auf. Dieses führt zu einer defizitären Wasserversorgung der Kulturpflanzen im Sommer. Dieses Defizit wird teilweise durch kapillaren Wasseraufstieg aus dem Grundwasser, teilweise durch Bewässerung gedeckt. Das Grundwasser ist stark versalzen. Die im Grund- und Bewässerungswasser gelösten Salze reichern sich nach Verdunstung des Wassers im Boden an und beeinträchtigen das Pflanzenwachstum.

Salzschäden sind eng mit der Textur des Bodens korreliert. Gefährdet sind feintexturierte Böden, die ein hohes kapillares Leitvermögen, aber schlechte Permeabilitätseigenschaften aufweisen. Die Zusammensetzung des Grundwassers weist eine ausgeprägte horizontale und vertikale Zonierung auf. Die Salzkonzentration nimmt mit der Tiefe und von den Talflanken rhonewärts ab. Der Versalzungstyp sowohl des Bodens wie auch des Grundwassers entspricht einer Sulfatversalzung ohne Alkalisierungsprobleme. Die Salze gehen aus physikalisch-chemischer Verwitterung des Muttergesteins der seitlichen Berghänge hervor und werden durch die Niederschläge in die Talebene verlagert.

Die Evaporation des Bodens und die Transpiration der Pflanzen beeinflussen den Versalzungsprozess in unterschiedlichem Masse. In unbepflanzten Böden wird der Versalzungsprozess zu Beginn durch die atmosphärischen Bedingungen kontrolliert. In einer zweiten Phase erfolgt ein starker Rückgang der Evaporation, der durch die wasserleitenden Eigenschaften des Bodens bestimmt wird. Auf diese folgt eine stationäre Phase, die durch eine minimale Verdunstung gekennzeichnet ist, die sich aus der Diffusivität des Wassers in flüssiger resp. dampfförmiger Phase ergibt. Durch die Ausbildung einer oberflächlich trockenen Bodenschicht wird der Versalzungsprozess deutlich verlangsamt. Niederschläge bewirken eine kontinuierliche Wiederholung der obigen Prozesse. Der Versalzungsprozess verläuft um so schneller, je näher der Grundwasserspiegel sich bei der Oberfläche befindet.

Grundwassernahe feintexturierte Böden weisen eine schlechtere Bodendurchlüftung auf, welche die Transpiration der Pflanzen reduziert. Die Bepflanzung führt zu einer wesentlichen Beschleunigung des Versalzungsprozesses. Die Versalzungsgeschwindigkeit wird durch den Wasserbedarf der

Pflanzen bei den herrschenden evaporativen Bedingungen bestimmt.

Die Erhöhung der Grundwasserkonzentration beschleunigt den Versalzungsprozess.

In grundwasserbeeinflussten Böden kann die Wasserbewegung im Boden, besonders bei langfristiger Betrachtung, als stationär angesehen werden. Darauf basierend wurde mittels analytischen und numerischen Verfahren der kapillare Aufstieg in Abhängigkeit von der Grundwassertiefe und der Saugspannung im Boden bestimmt. Mit diesen Beziehungen kann der Einfluss der Grundwassertiefe auf die Wasserversorgung der Pflanzen und den Versalzungsverlauf bestimmt werden.

Für nicht adsorbierte gelöste Stoffe wurde ein Stofftransportmodell entwickelt, mit dem der Versalzungsvorgang durch kapillaren Grundwasseraufstieg in bepflanzten Böden vorausgesagt werden kann. Die Wasseraufnahme der Pflanzen wurde funktional beschrieben.

Der Einfluss steigender Versalzung auf Keimung, Jugendentwicklung und adulte Pflanzenstadien wurde untersucht. Als Versuchspflanzen dienten Karotten.

Schädigungen, die durch Salze verursacht werden, sind wahrscheinlich hauptsächlich auf eine Erniedrigung des osmotischen Potentials zurückzuführen. Toxische Effekte spezifischer Salze treten nur bei stark erhöhten Salzkonzentrationen auf. Keimung und Jugendentwicklung werden durch die interaktive Wirkung tiefer Temperaturen und eines Salzstresses besonders negativ beeinflusst.

Keimung und Jugendentwicklung wurden durch hohe matrische Potentiale infolge ungenügender Sauerstoffversorgung stärker negativ beeinflusst als durch tiefe matrische Potentiale. Der Einfluss osmotischer und matrischer Potentialkomponenten auf das Pflanzenwachstum ist nicht additiv, ihre Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung werden modellmässig beschrieben. Die untersuchten Varietäten zeigen keine unterschiedliche Salztoleranz. Für Karotten wurde eine deutlich höhere Salztoleranz als bisher angenommen gefunden.

Durch eine Grundwasserabsenkung kann die Bodenversalzung in wesentlichem Ausmasse reduziert werden. Als beste Massnahme zur Reduktion des Bodensalzgehaltes eignen sich Leachingmassnahmen vor oder nach der Vegetationsperiode. Die entsprechende Technik und die einzusetzenden Wassermengen wurden in Labor- und Freilandversuchen bestimmt. Für Bewässerungszwecke muss Wasser mit einer niedrigen Salzkonzentration eingesetzt werden.

Zur Verhinderung der Wiederversalzung sind umfassende Drainierungen der gefährdeten Standorte notwendig. Eine Verbesserung und ein Weiterausbau des Hauptentwässerungsnetzes sind notwendig.

Die vorliegende Arbeit hat es gestattet, Ursachen und Schadmechanismen der Bodenversalzung im Unterwallis abzuklären. Durch die vorgeschlagenen Massnahmen ist eine wesentliche Verbesserung der Situation möglich.

SUMMARY

Favourable conditions for crop growth in the Rhone valley enable an intensive agricultural production. Due to increased salt concentration in the alluvial soils, decreases in yield and losses of vegetable crops are frequently observed. The aim of this work was to clarify the causes and mechanisms of soil salinization and to propose measures for improvement.

The Rhone valley has a marked continental climate. As a consequence, crops lack a sufficient supply of water during the summer. This deficit is supplemented partly by capillary rise from the ground water table and partly by irrigation. The salt concentration of the ground water is high. Evaporation and transpiration lead to salt accumulation in the soil and inhibit plant growth.

Salt damage is strongly correlated with the soil texture. Silty soils are particularly prone to salinization due to increased capillary rise from the ground water and poor permeability. The ground water composition shows distinctive horizontal and vertical zones. Salt concentration decreases with depth and with distance from the slopes of the valley toward the Rhone river. The salts in the ground water as well as in the soil are predominantly sulfates. They originate from a physiochemical weathering of the primary minerals and are transported by the rainfall to the plaine.

The salinization process is influenced to a varying extent by evaporation and transpiration.

In uncropped soils, the salinization process can be divided into three phases: The first stage is the constant-rate stage or the energy-limited stage. When the soil can no longer transmit water fast enough to use all the available energy, the soil-limiting phase begins. The first stage is controlled by external factors and the second by the water conductive properties of the soil. Drying of the soil and salt accumulation at the surface lead to a gradual reduction in the salinization rate. The third stage is characterized by a very low salinization rate, controlled by the water diffusivity of the dried and salinized surface zone.

Rainfall leads to a continuous repetition of the above processes. The shallower the ground water table, the faster the salinization process occurs. Salinization is enhanced by an increase in the ground water concentration.

Soils with shallow ground water tables are poorly aerated which in turn has negative effects on plant growth. Salinization occurs much faster in cropped than in uncropped soils. The velocity of the salinization process is determined by the crop water demand at prevailing evaporative conditions and the salt concentration of the soil.

Averaged over a rather long period of time, one may consider the water movement in a soil profile as a steady state flow.

In soils affected by ground water the water supply to the roots, with the exception of precipitation, depends on the flux from the ground water table. The capillary rise from ground water as a function of ground water table depth and soil suction was calculated by means of analytical and numerical procedures. The depth at which a water table should be maintained can thus be determined and salinization due to upward movement of saline ground water can be estimated.

A solute transport model was developed for noninteracting solutes which can be used to predict the salinization process in cropped soils due to capillary rise. The plant water uptake was described by a function.

The influence of increasing salinity on germination, seedling and adult plant stages was investigated. Carrots were used as test plants.

Presumably salt damages are mainly caused by a decrease in the osmotic potential. Toxic effects of specific salts are only observed at high salt levels. The interactive effects of low temperatures and salt stress have especially negative effects on germination and seedling development. High matric potentials have greater negative effects on these latter mentioned factors than do low matric potentials due to insufficient oxygen supply. The influence of osmotic and matric potential components on plant yield is not additive. A model was proposed to describe their effects. The examined varieties did not show any differences in salt tolerance. Carrots were found to be more salt tolerant than had been reported in the literature.

Soil salinization can be significantly reduced by lowering the ground water table. Leaching soils in the early spring (before crops are seeded) or in the late fall (after harvest) is effective in removing accumulated salts from the soil. Leaching requirements and leaching techniques were determined in laboratory and field trials. Water with a low salt content should be used for irrigation purposes.

To prevent resalinization, extensive drainage systems must be put into effect at the endangered sites. The main drainage system has to be improved and extended.

This work permitted the clarification of the causes and mechanisms of soil salinization in the lower Valais. The proposed measures should permit a significant improvement of the existing situation.

RESUME

La situation favorable de la vallée du Rhône rend possible une production agricole très intensive. Cependant, des baisses de rendement sont fréquemment constatées en culture maraîchère. Les causes en sont attribuées à une teneur en sels élevée des sols alluvionnaires de la plaine du Rhône. Le but de ce travail est d'expliquer les causes et les mécanismes de ces dégâts et de proposer des mesures d'amélioration.

La vallée du Rhône jouit d'un climat continental bien marqué. Ceci conduit à un approvisionnement hydrique déficitaire des cultures en été. Ce manque est couvert partiellement par une remontée capillaire d'une part et par l'irrigation d'autre part. Les sels dissous dans la nappe phréatique et dans l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol après évaporation de l'eau et entravent la croissance des plantes.

Les dégâts dus aux sels sont étroitement corrélés avec la texture du sol. Des sols à texture fine présentant une grande capillarité ainsi qu'une mauvaise perméabilité sont particulièrement exposés à ces dégâts. La composition de l'eau de la nappe phréatique présente une zonation horizontale et verticale bien marquée. La concentration en sels diminue en profondeur et avec l'éloignement des versants de la vallée du Rhône. Le type de salinité du sol ainsi que de la nappe phréatique correspond à une salinité en sulfates sans problème d'alcalinisation. Les sels sont issus de la détérioration physico-chimique de la roche-mère des versants montagneux et sont transportés en plaine par les précipitations.

L'évaporation du sol et la transpiration des plantes influencent le processus de salinisation de façon différente. Dans les sols non-plantés, le processus de salinisation est initialement contrôlé par les conditions atmosphériques. Dans une deuxième phase, l'évaporation diminue. Cette baisse est due à la conductivité hydrique du sol.

La phase suivante est stationnaire et caractérisée par une évaporation minimale, cette dernière étant contrôlée par la diffusivité de l'eau à l'état liquide respectivement à l'état de vapeur. La formation d'une couche superficielle sèche ralentit sensiblement le processus de salinisation. Les précipitations provoquent la répétition continue du processus décrit. Ce processus se déroule d'autant plus vite que la nappe phréatique se trouve proche de la surface.

Des sols à texture fine et à nappe phréatique proche de la surface ont une aération très mauvaise, ce qui diminue la transpiration des plantes.

La mise en culture conduit à une accélération substantielle du processus de salinisation. La vitesse de salinisation est déterminée par le besoin en eau des plantes et par les conditions d'évaporation.

Une concentration en sels élevée de la nappe phréatique accélère également le processus de salinisation.

Dans les sols influencés par la nappe phréatique, les mouvements hydriques peuvent être considérés à long terme comme stationnaires. Basés sur ce fait, la remontée par capillarité fut déterminée par des moyens numériques et analytiques. Ces valeurs furent rapportées en fonction du niveau de la nappe phréatique ainsi que de la force du succion du sol. Grâce à ces relations, l'on peut déterminer l'influence du niveau de la nappe sur l'approvisionnement en eau des plantes et l'évolution du processus de salinisation.

Un modèle de transport fut développé pour les substances dissoutes non-absorbées. Grâce à ce modèle, la remontée du niveau de la nappe phréatique en sol peut être prévue. La consommation hydrique des plantes fut décrite par une fonction.

L'influence de la salinité croissante sur la germination, le développement des premiers stades et des stades adultes fut étudiée grâce à des essais sur carottes.

Les dégâts dus aux sels sont probablement le résultat d'une diminution du potentiel osmotique. Les effets toxiques de certains sels ne se montrent que lors de concentrations très élevées. L'interaction entre salinité et basses températures a un effet particulièrement néfaste sur la germination et le développement des jeunes stades.

Un potentiel matriciel élevé induit bien plus de dégâts dus à un apport en oxygène déficitaire qu'un potentiel bas. Les effets des composantes osmotique et matricielle d'un potentiel sur le développement des plantes ne sont pas additifs. Ils sont décrits dans un modèle. Les variétés de carottes étudiées ne présentent aucune différence quant à leur tolérance face à la salinité. Les carottes possèdent une tolérance à la salinité bien plus élevée qu'escomptée jusqu'alors.

Une baisse du niveau de la nappe phréatique diminue sa salinisation de façon considérable. Le moyen de lutte le plus efficace pour réduire la teneur en sels du sol est le leaching avant ou après une période de végétation. Une technique adéquate ainsi que les quantités d'eau appropriées furent déterminées par essais en laboratoire et en plein champ. La concentration en sels de l'eau d'irrigation doit être faible. Afin d'éviter un nouveau processus de salinisation, il faut prendre des mesures de drainages dans les endroits particulièrement exposés. Une extension du réseau de drainage est nécessaire. Le présent travail a permis de montrer les causes et les mécanismes de la salinisation dans le Bas-Valais. Une amélioration sensible de cette situation est possible grâce aux mesures proposées.