



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Monitoring drought and salinity stress in agriculture by remote sensing for a sustainable future

Wen, W.

Citation

Wen, W. (2024, January 30). *Monitoring drought and salinity stress in agriculture by remote sensing for a sustainable future*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3715121>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3715121>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

Onze voedselzekerheid staat onder druk door een groeiende wereldbevolking en door klimaatverandering. Momenteel hebben landbouwgewassen te maken met verschillende verstoringen, die de productiviteit beperken en de voedselproductie verminderen. Van de verschillende verstoringen worden droogte en bodemverzilting als de belangrijkste beschouwd, die de gewasopbrengst en -verspreiding belemmeren. Zorgwekkend is dat klimaatverandering naar verwachting beide verstoringen verder zal verergeren en de frequentie en ernst van beiden zal verhogen. Dit leidt ook tot een toename van gebeurtenissen waarin beide verstoringen samen voorkomen. Deze samenloop resulteert in aanzienlijk grotere opbrengstverliezen dan individuele stressfactoren. Hoewel de schadelijke effecten van de gecombineerde stress door droogte en verzilting op gewassen al zijn beschreven in kleinschalige experimenten (met slechts een beperkt aantal gewasvariëteiten), blijven er grote regionale onzekerheden bestaan voor landbouwsituaties in de praktijk. Het beoordelen van deze grootschalige gevolgen is echter niet haalbaar met behulp van traditionele methoden. In tegenstelling hiermee bieden satellietwaarnemingen een veelbelovend perspectief om de wereldwijde voedselzekerheid te verbeteren door betrouwbare informatie te verstrekken over de omvang van landbouwgronden en voedselproductie. Remote sensing wordt al gebruikt om de gewasproductiviteit op meerdere ruimtelijke en temporale schalen te monitoren, maar nog niet voor het karakteriseren van gewasgroei onder gelijktijdige droogte- en verziltingsstress. Dit proefschrift heeft tot doel de impact van droogte en verzilting op landbouw en de *Sustainable Development Goals* (SDGs) te beoordelen met behulp van remote sensing-technologie.

In Hoofdstuk 2 werd een systematische review uitgevoerd om de huidige mogelijkheden van remote sensing te evalueren om de impact van droogte- en verziltingsstress op landbouwgewassen te identificeren en te beoordelen via vegetatie-indices (VI's) en de eigenschappen van planten. De resultaten laten zien aan dat er nog steeds uitdagingen zijn bij het nauwkeurig monitoren van de impacts van stress met behulp van remote sensing via satellieten. De traditionele VI's laten niet toe deze impacts consistent en nauwkeurig te schatten. Daarentegen zijn planteigenschappen veelbelovend omdat ze rechtstreeks verbonden zijn met de biochemische en biologische processen van gewasgroei en stressresponsmechanismen weerspiegelen. Met name planteigenschappen gerelateerd aan osmose hebben een groot potentieel voor het monitoren van de manieren waarop droogte en verzilting gewassen beïnvloeden, maar kunnen niet rechtstreeks worden gemeten door remote sensing. Andere met remote sensing waargenomen planteigenschappen werden aangestipt als potentieel waardevol om de gecombineerde effecten van droogte- en verziltingseffecten op

landbouwgewassen te beoordelen, maar zijn alleen gebruikt in kleinschalige experimentele studies. Daarom zijn grootschalige studies noodzakelijk om de relevantie van remote sensing voor het beoordelen van gecombineerde effecten onder echte landbouwcondities te laten zien.

In Hoofdstuk 3 werd een nieuwe benadering voorgesteld die gebruikmaakte van satelliet remote sensing waarnemingen om de impact van droogte, verzilting en hun combinatie op vijf gewaseigenschappen te schatten, waaronder totale bladoppervlakte (Leaf Area Index; LAI), bladchlorofielgehalte (Cab), het watergehalte in bladeren (Cw), de fractie van geabsorbeerd fotosynthetisch actieve straling (FAPAR) en de fractie van vegetatiebedekking (FVC) met behulp van remote sensing. De benadering werd eerst getest in Nederland, en de resultaten geven aan dat de verergerende effecten van gelijktijdige droogte- en verziltingsstress sterk afhankelijk zijn van het moment in het groeiseizoen. Bovendien werden LAI, FAPAR en FVC het meest beïnvloed onder ernstige droogteomstandigheden voor maïs en aardappelen, terwijl Cab en Cw over het algemeen meer werden beïnvloed door gecombineerde droogte- en verziltingsstress. Deze benadering maakt dus gelijktijdige monitoring van het effect van droogte en verzilting op gewassen mogelijk in grootschalige landbouwtoepassingen.

In Hoofdstuk 4 werd de benadering van Hoofdstuk 3 aangepast om de beoordeling van een grotere ruimtelijke omvang en van meerdere gewassen mogelijk te maken, door paarsgewijs gestreste en niet-gestreste gewassen te vergelijken. Bovendien werden meerdere technieken geïntegreerd om planteigenschappen in relatie tot droogte, verzilting en hun gecombineerde effecten te vergelijken met die van controleomstandigheden. Zo kon het effect van stress nauwkeuriger geëvalueerd worden voor een veel groter scala aan gewassen en ruimtelijke omstandigheden. De resultaten voor de Verenigde Staten geven aan dat het effect van stress sterk afhankelijk was van de tijd in het groeiseizoen en dat gewassen gevoeliger waren voor de gecombineerde effecten van droogte en verzilting dan voor individuele stress. De stressimpact varieerde echter ook aanzienlijk tussen soorten. De meeste gewassen verminderden aanvankelijk hun primaire productiecapaciteit door de LAI te verlagen voordat ze water- of chlorofylgehalten verminderden. Door deze combinatie van methoden werd een kwantitatieve basis gelegd om tegelijkertijd de reacties van gewassen op stress te beoordelen, zowel afzonderlijk als in combinatie op grote schaal en onder werkelijke landbouwomstandigheden, zo bijdragend aan het monitoren van de voedselzekerheid bij wereldwijde klimaatverandering.

In Hoofdstuk 5, hebben we de resultaten - omtrent het verbouwen van zout-tolerante gewassen – gebruikt om te kijken hoe duurzame ontwikkelingsdoelen (SDG) bereikt kunnen worden. Duurzame landbouw en voedselzekerheid zijn cruciale componenten van de SDGs, maar ze zijn steeds kwetsbaarder voor de

gevolgen van wereldwijde klimaatverandering. Hoewel stress veroorzaakt door zout op gewasgroei en voedselproductie uitgebreid is bestudeerd, blijft de kwantificering van de mogelijke bijdrage van zouttolerante landbouw op wereldschaal onzeker. In Hoofdstuk 5 werden de lokaal en regionaal de geschikte gebieden voor zouttolerante aardappelteelt op zoute bodems geëvalueerd, waarbij de mogelijke bijdrage van zouttolerante aardappelen aan de huidige en toekomstige SDGs werd beoordeeld. De resultaten tonen aan dat Oceanië (met name Australië) het grootste potentieel heeft om de voedselproductie te verbeteren door zouttolerante aardappelteelt op zoute bodems. Bovendien kunnen andere landen zoals Kazachstan, de Russische Federatie en Australië tekorten in het voedselaanbod aanpakken en SDGs bereiken zowel in de huidige omstandigheden als in scenario's van de toekomst. Bovendien wordt verwacht dat het gebied dat geschikt is voor zouttolerante aardappel onder toekomstige klimatologische en zoutgehalteomstandigheden zich zelfs zal uitbreiden, wat mogelijk de voedselproductie in Kazachstan en de Russische Federatie kan verdubbelen. Zo kan een zouttolerante aardappel - als een proxy voor zouttolerante landbouw - de voedselproductie in gebieden die aangetast zijn door zout bevorderen. Zouttolerante landbouw kan dus de veerkracht van de landbouw verbeteren en de voedselzekerheid waarborgen.

Dit proefschrift benadrukt het potentieel van met behulp van remote sensing afgeleide planteneigenschappen om de groei van gewassen onder stressvolle omstandigheden te evalueren. Hoewel het de mogelijkheden van remote sensing laat zien om stressreacties te detecteren via functionele planteneigenschappen, varieert de effectiviteit ervan tussen plantensoorten en groeistadia, wat aangeeft dat er nog enkele uitdagingen openstaan die in toekomstige studies moeten worden aangepakt. Met name de identificatie en selectie van eigenschappen moet worden verbeterd om specifieke stressomstandigheden tijdens verschillende momenten in het groeiseizoen nauwkeuriger te representeren. Bovendien heeft de huidige remote sensing te maken met beperkingen in de ruimtelijke en temporele resolutie voor landbouwtoepassingen. De integratie van gegevens van meerdere platforms kan helpen om de nauwkeurigheid van waarnemingen en de integratie van gegevens te verbeteren.

Concluderend biedt remote sensing een enorme belofte voor de effectieve monitoring van de realisatie van SDGs en het waarborgen van wereldwijde voedselzekerheid, voor de verschillende betrokken belanghebbenden en beleidsmakers. Dit proefschrift laat zien hoe remote sensing-technieken kunnen worden toegepast om stressreacties te detecteren en de impact van die stress op de wereldwijde gewasproductie te verminderen, en biedt waardevolle inzichten in het potentieel van remote sensing om de voedselzekerheid te verbeteren en de SDGs te realiseren.