



Droogtetolerante gewassen en rassen

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE VOOR MEER DROOGTETOLERANTE GEWASSEN EN RASSEN
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING & KOSTEN EN BATEN
6. RANDVOORWAARDEN NAAR MEER DROOGTETOLERANTIE
7. GOVERNANCE
8. PRAKTIJKERVERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN
9. KENNISLEEMTEN
10. BRONNEN & LINKS
11. COLOFON
12. DISCLAIMER

1. INLEIDING

Klimaatverandering heeft in Nederland een grote impact op de gewasproductie in de Nederlandse landbouw. De verschillen in weersomstandigheden van jaar tot jaar nemen toe, met jaren die extreem droog zijn of juist extreem nat, en steeds hogere temperaturen (Figuur 1 en Tabel 1). De variabiliteit tussen jaren is een grote uitdaging bij de keuze van gewassen en rassen van die gewassen. In toenemende mate zijn er kortere of langere perioden van droogte die leiden tot steeds grotere risico's op misoogsten of lage opbrengsten. In de periode 1960-2000 kwam een gewasverdampingstekort van 16 % eens in de tien jaar voor, maar de laatste jaren is er zelfs een gewasverdampingstekort gemeten van 30 % (2022) en de verwachting voor 2050 (klimaatscenario hd: hoge emissie, droog klimaat) is dat zo'n groot verdampingstekort standaard eens per 10 jaar gaat voorkomen: de actuele verdamping (ETa) is dan eens in de 10 jaar maar 70 % van de potentiële verdamping (ETp). De landbouw moet daarom veel vaker rekening houden met lagere gewasopbrengsten door watertekort, en waterbeheerders zullen rekening moeten houden met sterkere verdroging van landbouwgrond maar ook van nabijgelegen natuurgebieden door hogere onttrekking van watervoorraden door de landbouw. Het aantal dagen in het groeiseizoen (april-september) met een Makking verdamping boven 4 mm per dag is gestegen van 12 dagen naar gemiddeld 30 dagen met uitschieters naar meer dan 50 dagen bijvoorbeeld in 2018 (Figuur 1). Dit versterkt de kans op uitdroging van de bodem aanzienlijk. Met meer droogte moeten

waarschijnlijk ook meer aan droogte aangepaste rassen of zelfs nieuwe gewassen of andere teelten worden gekozen.

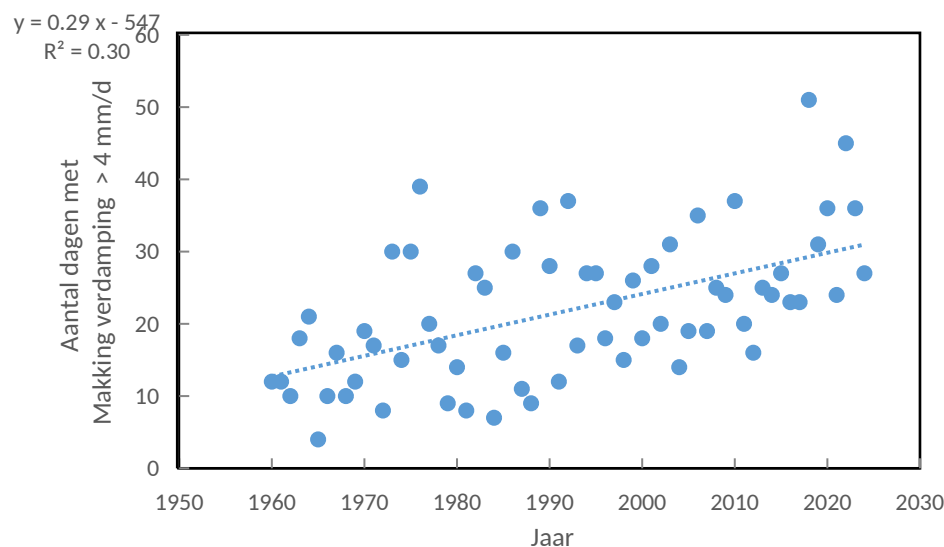
De volgende vragen zullen aan de orde komen in deze Deltafact:

- Wat is de waterbehoefte van de huidige en mogelijke nieuwe gewassen?
- Wat is de verwachte opbrengstdaling in jaren met droogte
- Welke gewassen en rassen van gewassen zouden boeren kunnen kiezen om om opbrengstverlies als gevolg van droogte te beperken?
- Voorbeelden van rasverschillen bij droogte bij aardappel, ui, quinoa en kroppaar.

Tabel 1. Droogte in het groeiseizoen neemt toe, maar ook jaren die veel natter zijn.

Jaar	neerslag lente + zomer, mm	Neerslag tekort ¹ mm	Beschikbaar water voor gewas bij 200 mm initieel bodemwater, mm	Benodigde ET ³ , mm	ET tekort, mm	ETa/ETp ⁴	ETa/ET p 1x per 10 jaar
1960- 2000	371	143	571	514	0	1.00	0.84
2018	295	308	495	603	108	0.82	
2019	369	214	569	583	14	0.98	
2020	323	253	523	576	53	0.91	
2021	450	86	650	536	0	1.00	
2022	246	318	446	564	118	0.79	
2023	477	204	677	681	4	0.99	
2024	494	83	694	577	0	1.00	
2050 (hd) ⁵	358	217	558	575	17	0.97	0.70

¹ Neerslagtekort april-september, ² Beschikbaar water in wortel zone met 200 mm initieel bodemwater (per 1 april) en zonder irrigatie of capillaire opstijging (dus kan meer zijn op kleigrond of gronden met hogere grondwaterstand). Deze hoeveelheid van 200 mm ³ Benodigde ET (evapotranspiratie) voor het kunnen bereiken van de potentiële gewasopbrengst, ⁴ ETa = actuele evapotranspiratie, ETp = potentiële evapotranspiratie. ⁵ Scenario KNMI voor 2050 bij hoge CO2-emissie (h) en een droog klimaat (d).



Figuur 1. Aantal dagen met een Makking verdamping groter dan 4 mm per dag in het

groeiëizoenen stijgt sterk sinds 1960 ([bron: KNMI](#)).

2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Andere Deltafacts die gerelateerd zijn:

Beprijzen van water voor de landbouw

Bodemvocht gestuurd beregenen

Droogte stuurt functies

Effecten klimaatverandering op landbouw

Verdamping

3. STRATEGIE VOOR MEER DROOGTETOLERANTE GEWASSEN EN RASSEN

Voor vergelijking van de droogtetolerantie van rassen binnen één gewas volstaat het om verschillen in opbrengst per hectare bij droogte te vergelijken, omdat meestal de kwaliteit en daarmee de waarde per kg vergelijkbaar zullen zijn. Echter, bij vergelijking tussen gewassen volstaat een vergelijking van de fysieke opbrengst niet, en is het nodig om gewassen te vergelijken op basis van de financiële opbrengst. De meest droogtetolerante gewassen zullen ten opzichte van de huidige opbrengst bij voldoende water de kleinste verlaging van de opbrengst laten zien bij droogte.

In deze Deltafact zijn data bijeengebracht zowel over het waterverbruik per kg product als over de opbrengst in geld. Een gewas is efficiënter met water als het minder water verbruikt per kg product, oftewel de waterproductiviteit is hoger als per kg/ha minder mm water nodig zijn. Voor de vergelijking tussen gewassen kan de efficiëntie alleen goed vergeleken worden als de productiviteit wordt uitgedrukt in Euro/ha per mm (de 'financiële waterproductiviteit').

Als een boer te maken krijgt met beperkte waterbeschikbaarheid moet de boer gewassen en rassen kiezen die met minder water toch nog zoveel mogelijk financieel resultaat geven. Als irrigatie of beregening mogelijk is, moet de boer beslissen hoe de beschikbare hoeveelheid water wordt verdeeld over de gewassen.

4. SCHEMATISCHE WEERGAVE

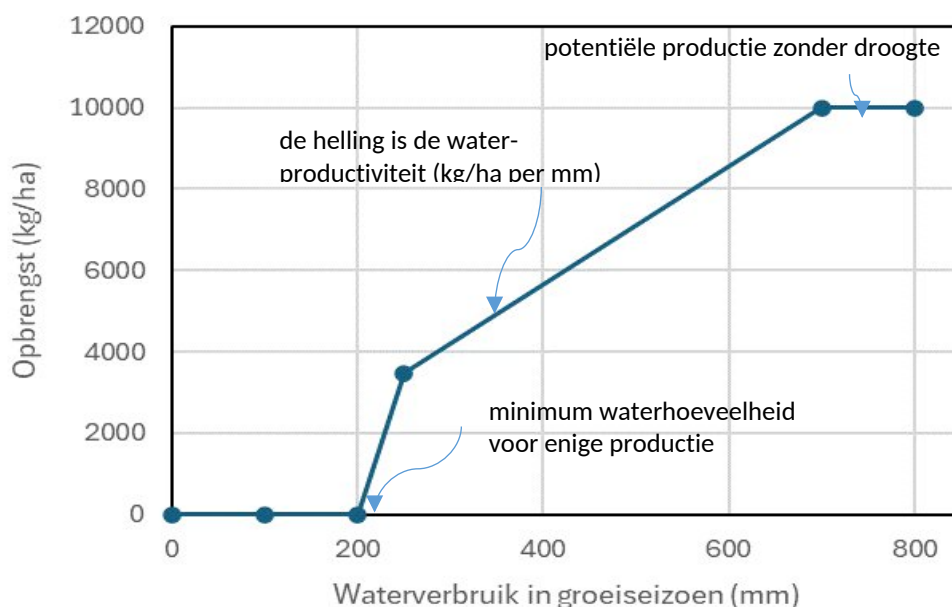
Gewassen en rassen vergelijken op basis van fysiek en financiële waterproductiviteit

Als er geen droogte/watertekort is produceren gewassen maximaal (de potentiële productie). In een bepaald traject is de productie (ongeveer) lineair gerelateerd aan de waterbeschikbaarheid: per extra mm water neemt de productie per hectare toe. De helling van de relatie tussen opbrengst per ha en waterverbruik is een maat voor de 'waterproductiviteit'. Gewassen met een hogere waterproductiviteit hebben minder water nodig om extra productie te realiseren, maar zijn ook gevoeliger voor watertekorten. Als het watertekort te groot wordt, neemt de opbrengst sterk af tot uiteindelijk geen economisch product meer kan worden gevormd (schematisch in Figuur 2 en een voorbeeld van een druppelirrigatieproef in ui (Figuur 3, afgeleid uit [Boot et al. 2022](#)), bijvoorbeeld omdat de knolvorming niet op gang komt, of bestuiving mislukt en korrelvorming niet start, of omdat

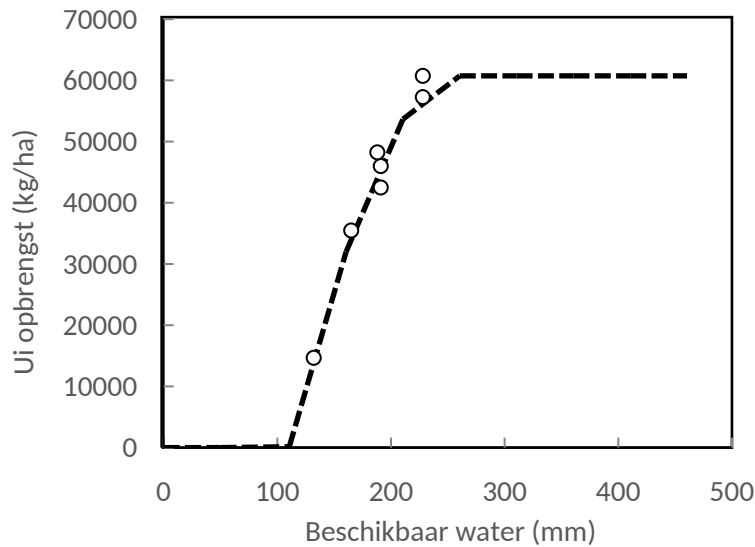
het gewas afsterft. Voor het vergelijken van de droogtegevoeligheid van verschillende gewassen volstaat het niet om alleen naar kg/ha te kijken, omdat de waarde per kg heel verschillend is. Een gewas als winter tarwe heeft een hele hoge opbrengst (potentiële opbrengst 12 t graan per ha) en nieuwe, mogelijk droogtetolerantere gewassen zoals quinoa, lupine en zonnebloem hebben een veel lagere opbrengst per ha in kg/ha, maar in financiële opbrengst soms veel hoger dan winter tarwe door een hogere prijs per kg. Quinoa heeft een boerenprijs van ongeveer -0,90 Euro/kg en winter tarwe (langjarig gemiddelde) van 0,24 Euro/kg. Daardoor is over de hele range van waterbeschikbaarheid de financiële opbrengst van quinoa hoger dan van winter tarwe. Beide gewassen krijgen een lagere opbrengst met minder water, maar quinoa bereikt de maximale opbrengst met een veel lager waterverbruik.

Gewassen vergelijken die verschillen in prijs per kg: financiële waterproductiviteit

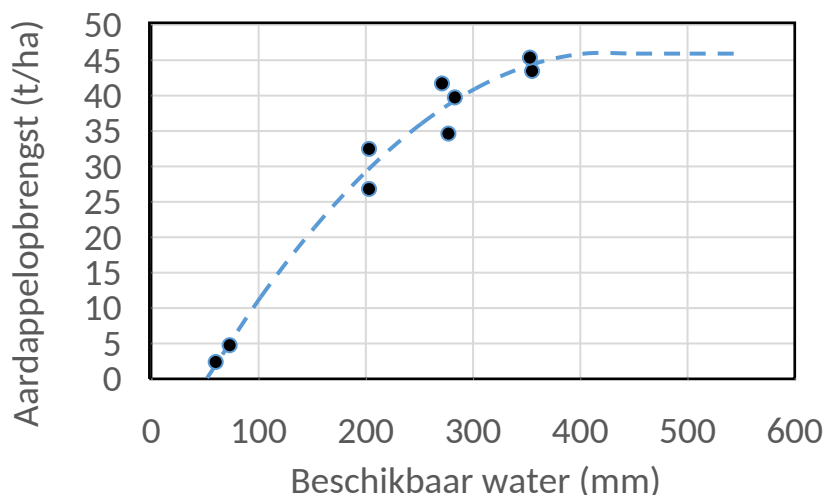
Quinoa kan bij een zeer lage waterbeschikbaarheid nog steeds een voor boeren interessante bruto financiële opbrengst hebben, terwijl de opbrengst van winter tarwe zo laag wordt dat de teelt onrendabel wordt. Een gewas als zonnebloem heeft onder de huidige omstandigheden een lager financiële opbrengst dan winter tarwe, maar bij een lagere waterbeschikbaarheid een hogere of zelfde financiële opbrengst vergeleken met winter tarwe. Andere nieuwe gewassen zoals lupine hebben voor de gangbare teelt alleen een hoger of gelijk financiële opbrengst bij zeer lage waterbeschikbaarheid (Figuur 5). Er is een continue verbetering van rassen die voor alle gewassen de productiviteit verbetert met 1-2 % per jaar en selectie van de beste rassen verbeterd de relatie tussen waterbeschikbaarheid en opbrengst waardoor bij lagere waterverbruik dezelfde financiële opbrengst kan worden verkregen (bij gelijkblijvende prijzen; Figuur 5).



Figuur 2. Schematisch verband tussen opbrengst van winter tarwe in waterverbruik in het groeiseizoen.



Figuur 3. Gemeten verse ui-fysieke opbrengst als functie van watergift (neerslag plus irrigatie) (bron: [Boot et al. 2022](#); ras Hyfive). De efficiëntie van gebruik van beschikbaar water neemt sterk af bij droogte (opbrengst/beschikbaar water, gaat naar 0 bij 100 mm water).



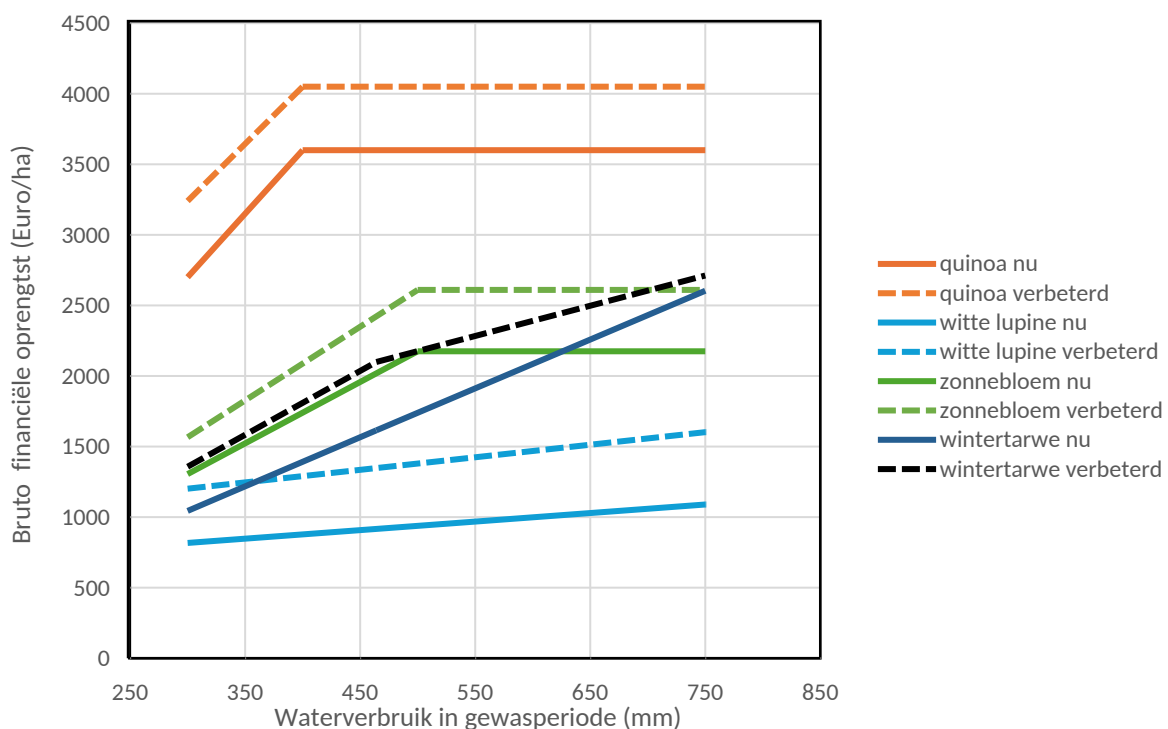
Figuur 4. Voorbeeld van de relatie tussen fysieke aardappelopbrengst (verse stof) en water-beschikbaarheid. From: [Badr et al., 2022](#).

5. WERKING & KOSTEN EN BATEN

Effect droogte op opbrengst gewassen

De meest lucratieve gewassen hebben de hoogste waterproductiviteit uitgedrukt in Euro/ha (14 Euro/ha per mm en hoger), maar ook de grootste verlaging van financiële opbrengst bij maar 300 mm beschikbaar water in het groeiseizoen (wortel, aardappel en ui in Tabel 2). Als er maar 300 mm water beschikbaar is dalen de inkomsten voor deze gewassen met meer dan 4500 tot zelfs 9000 Euro/ha (Tabel 2). Van de bestaande gewassen hebben bruine boon, korrelmais en wintertarwe minder financiële schade als maar 300 mm water beschikbaar is en heeft gerst de hoogste tolerantie. Een aantal potentieel nieuwe gewassen heeft een

hogere droogtetolerantie, als we droogtetolerantie definiëren als een laag financiële verlies bij slechts 300 mm waterverbruik ten opzichte van de opbrengst zonder watertekort. Deze gewassen hebben een lager waterverbruik bij de maximale opbrengst, maar die is vaak in kg/ha lager dan van de standaard Nederlandse gewassen. Voorbeeld zijn: (witte) lupine, luzerne, zonnebloem en quinoa. Andere mogelijke nieuwe gewassen als soja, sorghum en korrelmais hebben een intermediaire gevoeligheid voor droogte en een lagere waterbehoefte dan wintertarwe door een korter groeiseizoen (Tabel 2).



Figuur 5. Vergelijking van waterverbruik van drie nieuwe gewassen met wintertarwe. Wintertarwe heeft hoger bruto opbrengst per ha dan lupine over de hele range van waterbeschikbaarheid. Voor de range tussen 450 en 500 mm water

Opvallende is dat ondanks de gevoeligheid voor droogte aardappel, ui en wortel nog steeds een zeer hoge financiële opbrengst hebben bij minder water (Tabel 2). Verder is het te verwachten dat boeren – als dit technisch en qua regels mogelijk is – berekening juist bij voorkeur bij deze gewassen zullen toepassen, omdat de financiële opbrengst per mm extra water het hoogst is. De gewassen met de hoogste financiële opbrengst per mm water zijn dus het gevoeligst voor droogte, maar zullen niet snel uit de gewasrotatie verdwijnen. Wel zijn ook andere gewassen in de rotatie nodig dan de financieel meest aantrekkelijke gewassen aardappel, suikerbiet, ui en groenten als wortel en daarvoor moet vaak een graangewas (vaak wintertarwe) gebruikt worden. Bij toenemende droogte is het te verwachten dat nieuwe gewassen die minder last hebben van droogte een deel de plek van tarwe zullen innemen.

Bij meerjarige grasgewassen zijn soortgelijke verschillen aanwezig. Engels raaigras (voor beweiding) en Italiaans raaigras (voor inkuilen) hebben de laagste waterproductiviteit in kg/ha per mm, maar presteren het beste van de grassen zonder droogte; deze grassen hebben een hoge totale waterbehoefte door een lang groeiseizoen (Tabel 3).

Een vergelijking van bestaande en nieuwe gewassen laat op basis van de financiële waterproductiviteit zien sommige nieuwe gewassen (bijv. quinoa) ook zonder droogte al beter presteren dan wintertarwe, andere zoals zonnebloem presteren beter bij milde droogte en sommige zoals lupine hebben pas een gelijke (bruto) financiële opbrengst bij zware droogte. Vlinderbloemigen zoals lupine kunnen dan interessanter zijn vanwege bijvoorbeeld lagere kosten (geen bespuitingen nodig zoals bij tarwe) of vanwege de stikstoflevering.

Tabel 2. Vergelijking van waterproductiviteit (WP) van diverse akkerbouwgewassen in kg/ha per mm water en Euro per mm water en droogtetolerantie uitgedrukt in laagste financiële verlies bij beperkte waterverbruik van slechts 300 mm.

Gewas	WP kg/ha per mm	WP Euro per mm	Huidig - verbruik mm	Opbrengst bij 300 mm (% van huidig)	Opbrengst-verlies bij 300 mm (Euro/ha)	Mate van droogtetolerantie (financieel)
soja ^{1,2}	7.4	3.0	550	49	-912	matig
wintertarwe ^{1,4}	14.4	3.5	784	38	-1675	matig
witte lupine ³	6.4	3.5	391	77	-139	hoog
alfalfa/luzerne ⁴	19.6	3.7	123	100	0	hoog
zonnebloem ⁴	6.7	3.7	341	88	-160	hoog
gerst ⁴	16.6	4.0	300	100	-1	hoog
suikerbiet ⁴	138.8	4.1	721	42	-1751	matig
mais (graan) ^{1,4}	19.2	4.4	660	45	-1593	matig
sorghum ⁴	22.5	4.8	294	100	0	hoog
bruine boon ⁴	5.5	5.6	436	69	-762	matig
quinoa ⁴	10.0	9.0	300	100	0	hoog
wortel ⁴	94.5	13.6	836	36	-7595	laag
aardappel ^{1,4}	84.9	16.0	589	51	-4661	laag
ui ⁴	79.2	23.8	682	44	-9073	laag

¹ Van Ittersum et al., 2025; ² Rittler L & Bykova O, 2022; ³ Prins, 2020; ⁴ Sadras & McDonald, 2011; ⁵ Narou et al., 2014 ⁶ Amiri et al., 2024.

Als door droogte het waterverbruik in het groeiseizoen niet hoger kan zijn dan 300 mm, dan is er een grote verlaging van de financiële opbrengst per ha van de raaigrassen (-54 % t.o.v. huidige opbrengst). Rietzwenkgras, dat nu al in zuidelijker gebieden in Europa wordt gebruikt waar droogte en hogere temperaturen al gebruikelijk zijn, zou mogelijk een alternatief kunnen worden voor raaigrassen, omdat de waterproductiviteit in kg/ha per mm hoger is dan van raaigrassen. Echter, de verteerbaarheid en daardoor opname door melkvee is lager, waardoor een kg rietzwenkgras een lagere waarde heeft dan van raaigrassen (Tabel 3). Een andere kandidaat om bij droogte Engels en Italiaans raaigras te vervangen is kropbaar. De waterproductiviteit (kg/ha per mm) is nog hoger dan van rietzwenkgras, maar de verteerbaarheid en daarmee de waarde ook weer lager. De potentiële opbrengst zonder droogte is lager dan van de raaigrassen en daarom is kropbaar vooral aantrekkelijk frequente droogte. Snijmais heeft een lage water behoefte, mits er voldoende water is tijdens de bestuiving, want droogte in die fase leidt tot sterke verlaging van opbrengst. Miscanthus (voor materialen en voor energie) is vooral aantrekkelijk als er zeer weinig water beschikbaar is en vanwege de lage kosten en arbeidsinzet.

Tabel 3. Vergelijking van waterproductiviteit (WP) van diverse meerjarige graswassen in kg/ha per mm water en Euro per mm water en droogtetolerantie uitgedrukt in laagste financiële verlies bij beperkte waterverbruik van slechts 300 mm.

Grassen	WP kg DM/ha per mm	WP Euro per mm	Huidg water-verbruik mm	Opbrengst bij 300 mm (%) van huidig)	Opbrengst-verlies bij 300 mm (Euro/ha)	Mate van droogtetolerantie (financieel)
Engels raaigras ^{1,2}	20	4.8	650	54	-1674	1
Rietzwenkgras ^{1,2}	24	5.2	667	55	-1920	1
Miscanthus ^{3,4}	55	5.5	364	18	-350	2
Kropaar ⁵	30	6.3	400	25	-628	2
Snijmais ⁶	53	12.9	340	12	-512	2

¹ Kunrath et al., 2018. ² Cougnon et al., 2013, ³ Clifton Brown & Lewandowski, 2000. ⁴ McCalmont et al., 2017.

⁵ Shaimi et al., 2009. ⁶ Handboek Snijmais 2020. van Schooten H ([Link](#)).

Tabel 4. Voorbeelden van mogelijke verbeteringen in gewaseigenschappen

Gewas	Eigenschap	Mogelijke verbetering	Effect
Tarwe, aardappel, ui	Gevoeligheid huidmondjes voor droogte	Hogere gevoeligheid: "saver"	Meer water beschikbaar tijdens productvorming
		Lage gevoeligheid: "spender"	Snellere begingroei,, minder verlies naar beneden worteldiepte
Ui	Bewortelingsdiepte	van 20 naar 40 cm	Minder percolatie water beneden wortelzone, minder droogtestress
Quinoa	Begingewicht bij inzaai	Grotere zaden	Duizendkorrelgewicht is verhoogd van 2 g/1000 zaden naar 4 g/1000 zaden. Beginbiomassa hoger en snellere gewassluiting.
Quinoa	Verwelkingspunt	theta wp van 0.05 naar 0.01	Grotere wateronttrekking, overleving langer bij langere droogte, hogere productie
Aardappel	Vroegheid	Vroeger ras: vermijden van droogte	Water beschikbaar tijdens productvorming: hogere opbrengst
		Later ras: kans op herstel	Hogere opbrengst als droogte later in het seizoen wordt opgeheven
Omschakelen van tarwe naar quinoa	Gewaskeuze	Bijv. met quinoa zelfde bruto omzet bij lagere water-beschikbaarheid door hogere prijs per kg	Aan het eind van het groeiseizoen is meer water in de bodem over
	Betere overleving bij extremere droogte	Bijv. door lager verwelkingspunt.	Vermindering risico op totaal verlies van productie

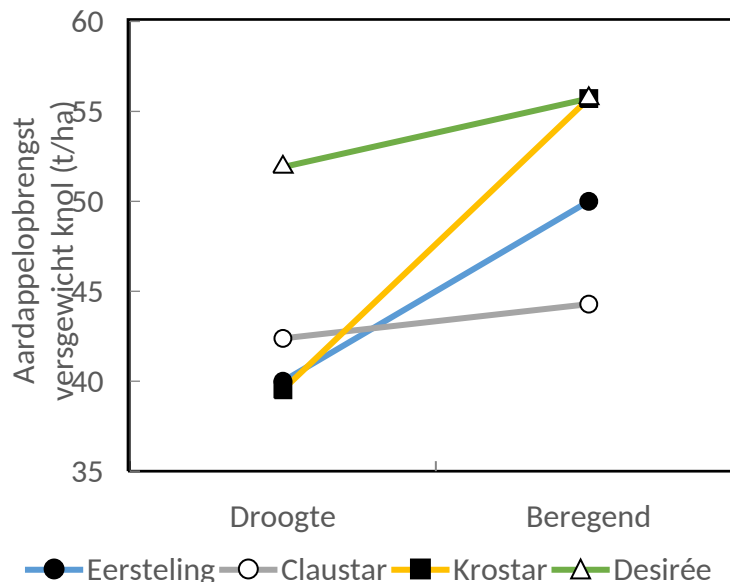
Mogelijke verbeteringen van rassen in relatie tot waterproductiviteit

Meer droogtetolerante rassen worden gekenmerkt door een hogere productie per ha bij een bepaald niveau van waterbeschikbaarheid (een hogere fysiek waterproductiviteit). Eigenschappen die hiervoor belangrijk zijn zijn bijvoorbeeld het vermogen om water aan de grond te onttrekken, zodat alle beschikbare water ook voor gewasverdamping beschikbaar is op het juiste moment. Planten met diepere wortels en een lager verwelkingspunt

(waterpotentiaal van de bodem waarbij de plant geen water meer kan opnemen) kunnen meer water voor gewasproductie gebruiken. In de cultuurui is weinig variatie in worteldiepte. Om nieuwe rassen met diepere wortels te maken is een mogelijke aanpak om soortkruisingen met wilde uisoorten te maken. Op die manier kunen de genetische eigenschappen voordiepere beworteling ingekruist worden in de cultuurui ([de Melo, E.P. 2003](#))

Diverse eigenschappen van planten kunnen bijdragen aan het sparen van water tijdens de vegetatieve fase om water over te houden voor bijvoorbeeld de knolvorming of graanvorming. Bijvoorbeeld het sneller sluiten van huidmondjes bij droogte. Dit beperkt direct het waterverbruik, en beperkt ook de groei waardoor de waterbehoefte ook afneemt. Dit gaat wel ten koste van de totale biomassaproductie, maar voorkomt droogte tijdens de productie van het economisch relevante product. Vroege rassen kunnen helpen om te voorkomen dat er problemen ontstaan met late droogte, maar dit gaat wel ten koste van de potentiële opbrengst. Een aantal voorbeelden van mogelijke verbetering is opgenomen in Tabel 4. De beste rassen geteeld zonder watertekort zijn niet altijd de beste rassen bij droogte (dit heet genotype x milieu-interactie, als dat voorkomt is de rasvolgorde bij droogte anders dan zonder droogte. Hieronder volgen twee voorbeelden hiervan bij aardappel en kropaar (een droogtetolerante grassoort, *Dactylis glomerata*).

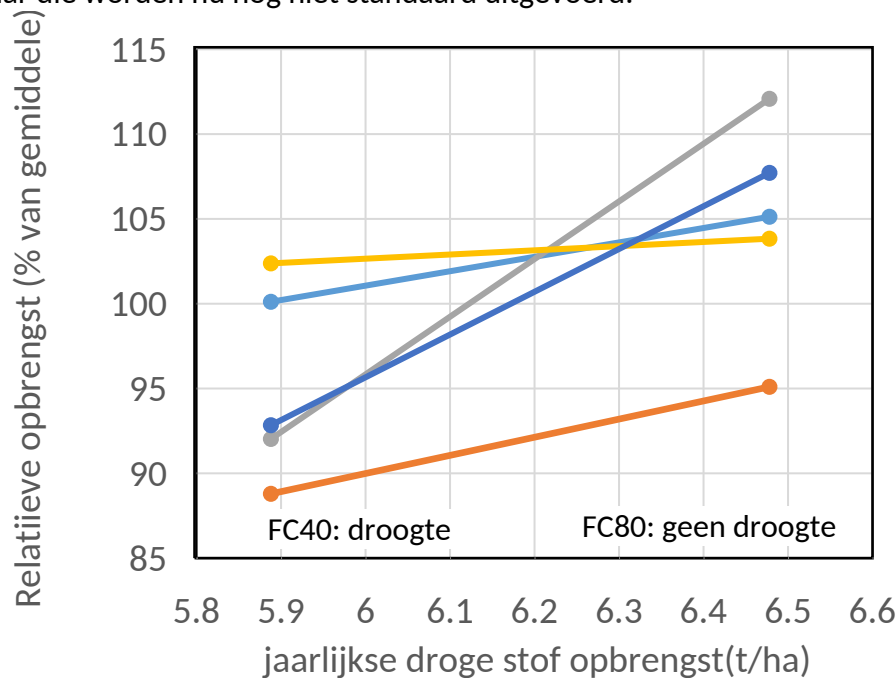
Er bestaan grote verschillen tussen aardappelrassen in potentiële productie (zonder watertekort), maar de beste rassen zonder droogte zijn niet altijd de beste rassen bij droogte, waardoor het een risico is om alleen af te gaan op rassenproeven in Nederland waar vaak geen watertekort optreedt. Aardappelrassen kunnen sterk verschillen in de reactie op droogte. De rasvolgorde voor aardappelopbrengst zonder droogtestress blijkt in Figuur 6 niet gelijk aan de rasvolgorde bij droogte ([Badr et al., 2022](#)).



Figuur 6. Aardappelknolopbrengst (t versgewicht/ha) met irrigatie (totaal 454 mm beschikbaar en zonder irrigatie (totaal 210 mm beschikbaar uit initiële bodemvocht). Data uit (Blonde et al., 2001).

Sommige rassen (zoals Krostar) hebben een topopbrengst zonder droogtestress, maar horen bij de slechtste rassen bij droogte, terwijl andere rassen zowel zonder als met droogtestress een topopbrengst hebben (Desirée in Figuur 6, [Deblonde et al., 2001](#)). Desirée heeft een veel hogere waterproductiviteit dan Claustor zowel met als zonder droogte.

In een veldproef met kropbaar (*Dactylis glomerata*) in Nieuw-Zeeland, zijn significante omkeringen gevonden in de rasvolgorde met en zonder droogte. Het 'gele' ras in Figuur 7 is een middenmoter qua productie per ha zonder droogte, maar is het beste ras bij droogte. Dit onderstreept het belang van rassenproeven onder droogte voor de Nederlandse situatie, maar die worden nu nog niet standaard uitgevoerd.



Figuur 7. Rasverschillen in droogtetolerantie van kropbaar (*Dactylis glomerata*).

Op de x-as de opbrengst bij waterbeschikbaarheid op 40 % (FC40) en 80 % (FC80) van veldcapaciteit. De verschillende lijnen zijn verschillende rassen. ([Gaier et al., 2024](#)).

Sommige rassen (zoals Krostar) hebben een topopbrengst zonder droogtestress, maar horen bij de slechtste rassen bij droogte, terwijl andere rassen zowel zonder als met droogtestress een topopbrengst hebben (Desirée in Figuur 6, [Deblonde et al., 2001](#)). Desirée heeft een veel hogere waterproductiviteit dan Claustor zowel met als zonder droogte.

In een veldproef met kropbaar (*Dactylis glomerata*) in Nieuw-Zeeland, zijn significante omkeringen gevonden in de rasvolgorde met en zonder droogte. Het 'gele' ras in Figuur 7 is een middenmoter qua productie per ha zonder droogte, maar is het beste ras bij droogte. Dit onderstreept het belang van rassenproeven onder droogte voor de Nederlandse situatie, maar die worden nu nog niet standaard uitgevoerd.

6. RANDVOORWAARDEN NAAR MEER DROOGTETOLERANTIE

Er zijn diverse rassenlijsten met gegevens over gebruikswaarde, maar in het rassenonderzoek wordt droogtetolerantie niet systematisch bepaald. Vaak is er slechts beperkte irrigatie, zodat in droge jaren inzicht verkregen wordt in welke rassen een betere opbrengst bij droogte hebben, maar toch wordt het meerjarig gemiddelde van de opbrengst

gebruikt voor de ranking. Uienrassen worden voor de rassenlijst niet specifiek op droogtetolerantie beproefd, maar de netto-opbrengst over de laatste jaren (zie Rassenlijst ui: [Uireka, 2023](#)) 2017 tot en met 2022 kent ook hele droge jaren, dus die gemiddelde netto-opbrengst hangt deels samen met de droogtetolerantie van de rassen. Vroege rassen zullen de voorkeur hebben als droogte verwacht wordt aan het eind van het groeizeen. Rassen van tarwe worden niet standaard onderzocht op droogtetolerantie. Vaak zullen vroegere rassen minder last hebben van droogtes later in de zomer, omdat deze rassen geoogst kunnen worden voordat droogte de opbrengst beïnvloed. ([Rassenlijst wintertarwe CSAR, 2024](#)). Voor aardappelrassen bestaat geen algemene rassenlijst. Diverse bedrijven publiceren hun eigen teeltproeven met aardappelrassen (bijvoorbeeld: [rassenlijst Averis, 2024](#) en [Rassenonderzoek België](#)). Zeer vroege rassen hebben gemiddeld een bijna 10 % lagere opbrengst, maar juist in jaren met latere droogte zijn vroege rassen in het voordeel.

Het ontwikkelen van meer droogtetolerante rassen is een strategie die op langere termijn veel voordeel kan bieden, maar hier gaan de kosten voor de baat. Veredeling voor droogtetolerantie voor de Nederlandse situatie vindt nu maar in beperkt mate plaats. Er zullen extra investeringen nodig zijn voor veredeling. Zonder droogtetolerante gewassen en rassen zullen er vaker misoogsten zijn. Als er gemiddeld 100 mm minder water beschikbaar is, zal dat met een gemiddelde waterproductiviteit van 7,80 Euro/ha per mm (gemiddelde van akkerbouw en grasland zoals af te leiden uit Tabel 2 en 3 en het areaal van akkerbouw en grasland) wordt er gemiddeld 780 euro/ha minder verdiend en in heel Nederland is dit een verlies van 1,3 miljard Euro. Dat risico rechtvaardigt grote investeringen in veredeling om meer droogtetolerante gewassen en rassen te ontwikkelen.

7 GOVERNANCE

Boeren kunnen kiezen voor droogtetolerante rassen, bijvoorbeeld vroegere rassen, of rassen die dieper wortelen, maar door trade-offs zal in het algemeen de productie per hectare lager zijn. Als berekening veel duurder wordt bij droogte (bijvoorbeeld door beprijzing van berekening om water te sparen) zal een boer op deze waterhongerige maar lucratieve gewassen waarschijnlijk toch er voor zorgen dat deze gewassen zo min mogelijk leiden onder droogte. Het ligt voor de hand dat juist de gewassen die nodig zijn voor een gezonde rotatie en die per ha minder opleveren (financieel) niet berekend worden en dat de boer daar het verlies neemt bij droogte. In deze Deltafact hebben we gegevens gepresenteerd om deze afwegingen beter te onderbouwen.

8 PRAKTIJKERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN

Er zijn verschillende lopende initiatieven rondom droogteresistente gewassen:

- National Growth Fund/NWO: [CROP-XR](#)/PLANT-XR: o.a. droogtetolerantie bij aardappel en ui.
- Topsector projecten: 1) ontwikkeling van nieuwe gewassen met meer abiotische stresstolerantie (lupine en quinoa (Novel diversity in emerging crops with gene editing by chemical mutagenesis and CRISPR) 2) DAS-CROPPER: Data Science project Gewasveredeling/Teeltvoorspellingen.

- Mogelijkheden voor toetsen op droogtetolerantie met geavanceerde “High Throughput Phenotyping” faciliteiten (zoals van NPEC, Netherlands Plant Ecophenotyping Centre van WUR en Universiteit Utrecht, [Palaiochorinos F. 2024](#))

9 KENNISLEEMTEN

Veel data over droogtetolerantie van gewassen en rassen verzameld voor deze Deltafact zijn gebaseerd op veldproeven van buiten Nederland, omdat veldonderzoek naar droogte moeilijk te realiseren is in Nederland, omdat niet elk jaar een stevige droogte optreedt. Rassenproeven in Nederland geven daardoor niet een goed beeld van de droogtetolerantie van rassen en gewassen. Meer systematisch onderzoek is nodig met bijvoorbeeld plastic kassen (“droogtetunnels”) of verplaatsbare overkappingen waardoor de prestatie bij droogte van gewassen en rassen bij droogte in elk willekeurig jaar kan worden bepaald. Het CROP-XR/PLANT-XR/AGRO-XR programma ([PlantXR](#), [CROP-XR](#)) voert fundamenteel en strategische onderzoek uit naar processen en eigenschappen die te maken hebben met stikstof- en droogtestress. Gezien de kennisleemten is er goede reden om hierop aan te sluiten met meer toegepast onderzoek in publiek-private samenwerkingen.

10 BRONNEN & LINKS

- Amiri SS, Yarnia M, Mirshekari B, Farahvash F & Rashidi V. 2024. Restricted Irrigation regimes and rapeseed high-yielding genotypes can be applied to cope with the water shortage crisis and more stable oil production. *Journal of Crop Health*, 76:917–927. [Link](#)
- Badr MA, El-Tohamy WA, Salman SR & Gruda N. 2022. *Agricultural Water Management*, 271:107793. Yield and water use relationships of potato under different timing and severity of water stress. [Link](#)
- Deblonde, PMK, Ledent, JF. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *Eur. J. Agron.* 2001, 14:31–41. [Link](#)
- Clifton Brown & Lewandowski I. 2000. Water Use Efficiency and Biomass Partitioning of Three Different Miscanthus Genotypes with Limited and Unlimited Water Supply. *Annals of Botany*, 86:191-200. [Link](#)
- Cougnon M, Baert J, Van Waes C * Reheul D. 2018. *Grass and Forage Science*, 69:666-677. Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. [Link](#)
- CROP-XR. Making crops more resilient, sustainable, and climate-adapted. [Link](#)
- Boot E, Remijn L & Cammaert D. 2023. Uireka, [Rapport 2023-01](#), Irrigatie in uien - efficiënt omgaan met zoet water. Rapportage veldproef 2022.
- Gaier 2024. The Effect of drought on agronomic and plant physiological characteristics of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) Cultivars. *Agriculture* 2024, 14:1116. [Link](#)
- KNMI. Dag-gegevens van het weer. [Link](#)

- Kunrath TR, Lemaire G, Sadras VO & Gastal R. 2018. Water use efficiency in perennial forage species: Interactions between nitrogen nutrition and water deficit. *Field Crops Research*, 222:1-11. [Link](#)
- McCalmont, Hasting A, McNamara NP, Richter GM, Robson P, Donnison IS & Clifton-Brown J. 2017. Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus* for bioenergy in the UK. *GCB Bioenergy*, 9:489-507. [Link](#)
- de Melo, E.P. 2003. The root system of onion and *Allium fistulosum* in the context of organic farming: a breeding approach. PhD-thesis Wageningen University. 127 pp. [Link](#)
- Naroua I, Rodríguez Sinobas L & Sánchez Calvo R. 2014. Water use efficiency and water productivity in the Spanish irrigation district “Río Adaja”. *International Journal of Agricultural Policy and Research*.2: 484-491. [Link](#)
- PlantXR. A new generation of intelligent breeding tools for extra resilient crops. [Link](#)
- Palaiochorinos F. 2024. Genetic Analysis of Drought Responses of Quinoa in a Combined Mapping Population Using Advanced Phenotyping. (MSc thesis Wageningen University); Video over droogteproeven in NPEC: [Link](#)
- Prins U. 2020. Lupine: een gezond alternatief voor boer en burger. Louis Bolk Instituut, 13pp. [link](#)
- Rassenlijst aardappel Averis, 2024. [Link](#)
- Rassenlijst ui: Uireka, 2023. [Link](#)
- Rassenlijst wintertarwes: CSAR, 2024. [Link](#)
- Rassenonderzoek België, [Link](#)
- Rittler L & Bykova O. 2022. Water use and irrigation in soybean. *Legumes Translated Practice Note* 45. [Link](#)
- Sadras V & McDonald G. 2011. Water use efficiency of grain crops in Australia: principles, benchmarks and management. GRDC, Australia, 31pp. [Link](#)
- Schooten H. 2020. Handboek Snijmais. [Link](#)
- Shaimi N, Kallida R, Volaire F & Al Faiz C (2009). Summer dormancy in orchardgrass: evaluation and characterization through ecophysiological and genetic studies. *Crop Sci.* 49, 2353-2358. [Link](#)
- Van Ittersum et al.,2025. Global yield gap analysis GYGA. [Link](#)

11 COLOFON

Dit Deltafact is opgesteld door E.N. van Loo (Wageningen Plant Research, Plant Breeding).

Versie 1, 2025.

12 DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en informatie zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs, STOWA en de evt. opdrachtgever van deze Deltafact kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.