

K-beschikbaarheid

Laura van Schöll (NMI), Wim Bussink (NMI), Gerard Ros (NMI)

1. Achtergrond

Kalium is evenals N en P een belangrijk element voor de gewasgroei. Kalium is in de bodem nagenoeg uitsluitend aanwezig in minerale vorm. Dit is in tegenstelling tot N, P en S, die ook in belangrijke mate voorkomen in de organische vorm. De hoeveelheid K in de bodem kan worden ingedeeld in 4 fracties:

- 1 K⁺-ionen in de bodemoplossing; geheel en direct beschikbaar voor de plant, maar onvoldoende om de behoefte van het gewas te dekken.
- 2 K-uitwisselbaar; K geadsorbeerd aan de klei- en humusdeeltjes (adsorptiecomplex; CEC). Uitwisseling tussen K in de bodemoplossing en K geadsorbeerd vindt snel plaats: binnen enkele minuten tot 24 uur;
- 3 K-gefixeerd of gebonden (kleigronden); de K die is ingesloten in de kleiplaatjes. Uitwisseling tussen K-gefixeerd met K-bodemoplossing neemt dagen tot maanden in beslag; en
- 4 K-mineraal of K-gesteente; komt beschikbaar door vertering. De hoeveelheid K die gedurende een groeiseizoen door vertering beschikbaar komt is te klein om voor de landbouw van belang te zijn.

Er is een dynamische evenwichtssituatie voor de verdeling over de fracties: K in oplossing, K-uitwisselbaar en K-gefixeerd. Na onttrekking (door gewasopname of uitspoeling) of toevoeging (vanuit bemesting of plantenresten) van K stelt zich een nieuw evenwicht in waarbij er een herverdeling van K over de drie fracties plaatsvindt. De hoeveelheid K in de bodemoplossing wordt zodoende gebufferd door K-uitwisselbaar en K-gefixeerd. Buffering wil zeggen dat bij onttrekking van kalium door de plantenwortel er kalium wordt nageleverd, en bij toedienen van kalium via bemesting de hoge kaliumconcentratie in de bodemoplossing wordt verlaagd door adsorptie.

De hoeveelheid K-uitwisselbaar wordt bepaald door:

- de omvang van het adsorptiecomplex; en
- de relatieve bezetting van de CEC (het adsorptiecomplex) met K: Dit wordt beïnvloed door de concentraties van zowel K als andere kationen (vnl. Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺). Deze andere kationen kunnen K van het adsorptiecomplex verdringen.

2. Definitie

K-beschikbaarheid: de hoeveelheid K die gedurende het seizoen beschikbaar komt voor gewas.

3. Benodigde input

De K-beschikbaarheid en de relatie ervan wordt beïnvloedt door bodemtype en het gewas. Voor de K-index zijn daarom de volgende gegevens altijd nodig.

- Bodemtype: duinzand, dekzand, zeeklei, rivierklei, maasklei, dalgrond, veen en löss
- gewascode van BRP

Voor grasland wordt de K-beschikbaarheid berekend op basis van:

- K-CaCl₂: plant beschikbaar K, geëxtraheerd met 0.01M CaCl₂ (mg kg⁻¹)
- CEC van de bodem (mmol+ kg⁻¹)

Voor mais wordt de K-beschikbaarheid berekend op basis van:

- K-CaCl₂: plant beschikbaar K, geëxtraheerd met 0.01M CaCl₂ (mg kg⁻¹)

Voor bouwland wordt de K-beschikbaarheid berekend op basis van:

- K-CaCl₂: plant beschikbaar K, geëxtraheerd met 0.01M CaCl₂ (mg kg⁻¹)
- CEC van de bodem (mmol+ kg⁻¹)
- kleigehalte van bodem (%)
- organische stofgehalte van bodem (%)
- pH: bodemzuurgraad, gemeten in 0.01M CaCl₂ (-)

4. Berekening

De K-toestand van de bodem is lang gebaseerd geweest op het zogenaamde K-getal. Deze werd berekend uit de hoeveelheid K₂O (gemeten via een 0,1 M HCl-extractie) met gebruikmaking van een correctiefactor F om te corrigeren voor de gehalten organische stof en lutum. Deze correctiefactor varieerde per grondsoort. Op basis van dit K-getal werden bodems ingedeeld in waarderingsklassen voor K-toestand. Het K-getal is ingevoerd in 1928 op basis van de waarneming dat een humusrijke grond meer K bevatte dan een humusarme grond. Hierbij werd echter geen rekening gehouden met andere bodemfactoren en andere nutriënten in de bodem die effect hebben op de beschikbaarheid van K (Den Boer et al 2010). Recent onderzoek laat zien dat het K-getal slecht samenhangt met de gewasrespons (Van Rotterdam-Los, 2010, Bussink et al 2011). De reden is dat de koppeling van K-beschikbaarheid aan humus (alleen) geen rekening houdt met de verdeling van K over de verschillende fracties in de bodem (Den Boer et al 2010, Bussink et al 2011).

Voor bepaling van het K-leverend vermogen van de bodem wordt internationaal veelal gebruik gemaakt van de concepten intensiteit, capaciteit en buffering van de bodem (van Rotterdam-Los, 2010):

- De **intensiteit** is de hoeveelheid K die in direct opneembare vorm beschikbaar is. Deze hoeveelheid is lager dan de behoefte van het gewas over het groeiseizoen.
- De **capaciteit** is de hoeveelheid die nageleverd kan worden vanuit de niet direct opneembare bronnen in de bodem. Daarbij is zowel de hoeveelheid als de snelheid van nalevering van belang. Op zandgronden wordt de capaciteit grotendeels bepaald door K-uitwisselbaar. Zandgronden bevatten weinig klei, zodat de hoeveelheid K-gefixeerd verwaarloosbaar is. Op kleigronden vindt gedurende het groeiseizoen ook nalevering vanuit K-gefixeerd plaats.
- **Buffering** geeft het vermogen weer om de concentratie in de bodemoplossing constant te houden.

Uit proeven blijkt dat het kwantificeren van de buffercapaciteit van gronden inderdaad zorgt voor een betere relatie met gewasopname (Mengel, 1982; Schneider et al., 2003; Jalali, 2007; plus referenties in genoemde studies). De afgelopen jaren zijn de landbouwkundige adviezen daarom afgestapt van het K-getal en wordt er overgeschakeld naar een methode waarmee de intensiteit (op korte termijn beschikbaar) en de capaciteit (op langere termijn beschikbaar) kan worden bepaald. De omvang en sterkte van het adsorptiecomplex bepaalt in grote mate de capaciteit en buffering van K in de bodemoplossing. Zowel Van Rotterdam-Los (2010) als Ehlert et al. (1998) vonden dat een extractie met 0,01 CaCl₂ een goede indicatie was voor de K-intensiteit.

Voor **grasland** is het K-getal als basis van de bemestingsadviezen vervangen door een combinatie van K-CaCl₂ en CEC (Bussink et al. 2014, CBGV 2019). Bij een hoge CEC wordt K sterker gebufferd dan bij een lage CEC. Bij een hoge CEC en een lage K-CaCl₂ is er dan een hogere kali-bemestingsgift nodig om eenzelfde opbrengstrespons te genereren als bij een lage CEC en lage K-CaCl₂. De K-bemesting wordt direct berekend uit de beoogde droge stof opbrengst, K-CaCl₂ en CEC volgens:

$$\text{K-gift (kg K}_2\text{O/ha)} = \exp(-6,973 + 1,30572 \cdot \ln(\text{droge stofopbrengst}) - 0,08551 \cdot \text{K-CaCl}_2 + 0,5264 \cdot \ln(\text{K-CaCl}_2) - 0,001607 \cdot \text{CEC} + 0,1275 \cdot \ln(\text{CEC}) + 0,010836 \cdot \text{K-CaCl}_2 \cdot \ln(\text{CEC}))$$

De indeling in waarderingsklassen voor K-toestand is in het nieuwe K-bemestingsadvies voor grasland komen te vervallen. Uit het nieuwe bemestingsadvies kan het effect van de K-beschikbaarheid vanuit de bodem worden afgeleid als een functie van de bodemanalyses K-CaCl₂ en CEC. Hiermee kan een K-beschikbaarheidsindex (KBI) worden berekend:

$$\text{KBI} = 4 - \exp(-0,08551 \cdot \text{K-CaCl}_2 + 0,5264 \cdot \ln(\text{K-CaCl}_2) - 0,001607 \cdot \text{CEC} + 0,1275 \cdot \ln(\text{CEC}) + 0,010836 \cdot \text{K-CaCl}_2 \cdot \ln(\text{CEC}))$$

waarbij de CEC wordt gemaximaliseerd op 400 mmol+ kg⁻¹.

Ook voor **mais** is een nieuw K-bemestingsadvies op basis van bodemparameters ontwikkeld. Daarbij wordt het K-getal vervangen door K-CaCl₂ (CBGV 2019, Holshof et al 2019 in prep.). Anders dan bij grasland speelt de CEC geen belangrijke rol voor de gewasvoorziening met K. Tot een K-CaCl₂ van 60 wordt er een positief effect van bemesting op de K-opname of opbrengst gevonden (Holshof et al 2019 in prep). Bij een gangbare bemesting met dierlijke mest is er overigens geen effect van K-CaCl₂ op de opbrengst, ofwel: een lage K-beschikbaarheid vanuit de bodem kan volledig gecompenseerd worden door een goed uitgevoerde bemesting.

Bij het nieuwe bemestingsadvies wordt op basis van onttrekking geadviseerd. Daarbij wordt er vanaf K-CaCl₂ van 60 mg / kg gecorrigeerd voor de K-bodemtoestand.

- Bij een K-CaCl₂ < 60 is de K-beschikbaarheid onvoldoende voor gewasgroei, aanvullende bemesting is nodig.
- Bij K-CaCl₂ > 60 is de K-beschikbaarheid voldoende voor gewasgroei, maar niet toereikend om de gewasonttrekking volledig te compenseren.
- Vanaf K-CaCl₂ 120 is de K-beschikbaarheid voldoende om de gewasonttrekking te compenseren (Holshof et al. 2019 in prep.). Een aanvullende bemesting is niet nodig

De K-bemesting wordt direct berekend uit de geraamde droge stof opbrengst en K-CaCl₂ volgens:

- K-CaCl₂ < 60 : Kaligift = 10 * (Droge stofopbrengst in ton/ha)
- K-CaCl₂ > 60 : Kaligift = 10 * (Droge stofopbrengst in ton/ha) – 3 * (K-CaCl₂ - 60)

5. Waardering

Voor grasland en mais wordt de K-beschikbaarheid worden gewaardeerd op basis van een K-beschikbaarheids-index (KBI) als afgeleid van het nieuwe K-bemestingsadvies (Tabellen 3 en 4).

Tabel 2 Klasse indeling grasland van op basis van KBI op grasland

K-toestand	K-beschikbaarheidsindex	waardering
Zeer laag	0-1	0
Laag	1-2,5	0,5
Voldoende	2,5-3,5	1
Hoog	3,5	1

Tabel 3 Klasse indeling mais op basis van K-CaCl₂

K-toestand	K-CaCl ₂	Waardering
Laag	< 60	0
Voldoende	60-120	0,5
Hoog	>120	1

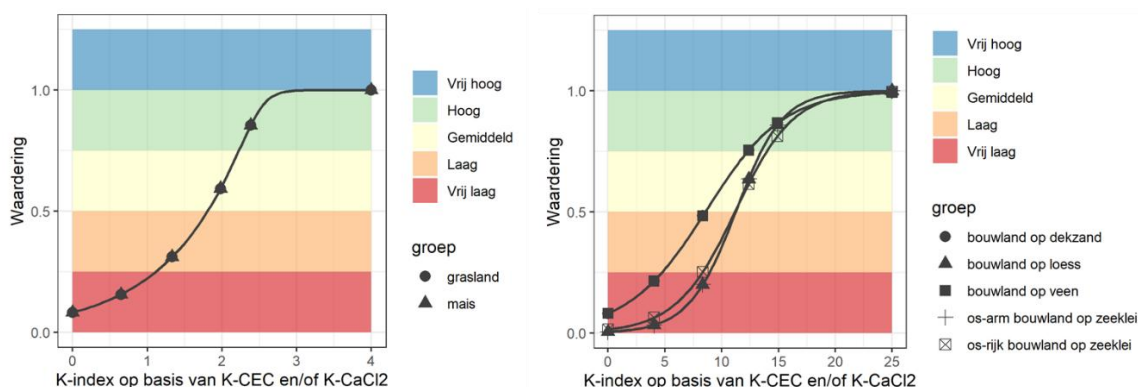
Deze waardering is omgezet naar een continue waarderingfunctie, gebruik makend van een logistisch verband tussen de KBI en de indexwaarde en wel geformuleerd als:

$$\text{Waardering KBI} = 1 / (1 + \exp(-b * (D_K - x_0)))^{(1 / v)}$$

waarbij:

b = 8, x ₀ = 2.5, v = 8	voor grasland en mais
b = 0.3, x ₀ = 9, v = 1.1	voor bouwland op zand en veen
b = 0.5, x ₀ = 11.5, v = 1.1	voor bouwland op klei en löss

Dit wordt grafisch weergegeven in figuur 1. De waardering van de K-beschikbaarheid wordt op een schaal van 0 tot 1 weergegeven voor grasland en mais (links) en bouwland (rechts).



Figuur 1. De waardering van de K-beschikbaarheid voor grasland en mais (links) en bouwland (rechts).

6. Mogelijke verbeteropties / alternatieven

Voor grasland en mais is er de afgelopen jaren een vernieuwing geweest van de K-bemestingsadviezen, gebaseerd op de systematiek van intensiteit en capaciteit (Van Rotterdam - Los, 2010). Daarbij is het K-getal, dat lang werd gebruikt om de K-toestand te duiden, vervangen door de bodemparameters CEC en $K-CaCl_2$ om de K-beschikbaarheid voor het gewas berekenen.

Voor bouwland ontbreekt dergelijk onderzoek voornamelijk, hoewel ook daar wordt toegewerkt naar een nieuw advies gebaseerd op de intensiteit en capaciteit systematiek. De waardering voor de K-beschikbaarheid is in het bemestingsadvies anno 2019 nog gebaseerd op het K-getal. De correlatie tussen K-getal en gewasgroei is echter zwak en slecht onderbouwd. Bij met name aardappelen op klei en löss is er een directe relatie tussen opbrengst en kwaliteit van aardappelen en de K-toestand van de bodem. Bij andere gewassen is deze relatie minder duidelijk.

Voor de OBI is er daarom voor gekozen om de K-beschikbaarheid op bouwland te duiden op basis van CEC en $K-CaCl_2$. Deze relatie is getoetst op basis van databases, en geeft een vergelijkbare K-toestand van de bodem als het K-getal. Voor een echte verbetering van de voorspelling voor K-beschikbaarheid zou deze relatie echter getoetst moeten worden aan groei- en bemestingsproeven, zoals uitgevoerd voor grasland en mais. De verschillen tussen grasland (K-beschikbaarheid gebaseerd op $K-CaCl_2$ en CEC) en mais (K-beschikbaarheid gebaseerd op $K-CaCl_2$) laten zien dat gewassen verschillen in gevoeligheid voor K, en dit zou ook bij de verschillende gewassen in de akkerbouw en vollegrondsgroente verwacht worden. Een verdere onderbouwing van de K-beschikbaarheid van op basis van bodemparameters $K-CaCl_2$ en CEC voor akkerbouw is gewenst.

De K-bezetting van het adsorptiecomplex (K-CEC) lijkt een goede voorspeller van de K-beschikbaarheid op klei te kunnen zijn. Daarvoor zou dan wel de meetnauwkeurigheid verhoogd moeten worden.

7. Versie

Versie 0.1 20190711, opgesteld door Laura van Schöll, Wim Bussink

Versie 0.2 20190923, update en controle door Yuki Fujita

Versie 0.3 20190925, aanvulling en controle door Laura van Schöll en Gerard Ros

Versie 0.4 20191003, update en controle door Gerard Ros

Link naar Rscripts: <https://github.com/springgbv/Open-Bodem-Index-Calculator/blob/master/R/potassium.R>

8. Literatuur

Bussink DW, Van Schöll L, Van den Draai H, Van Middelkoop JC & Holshof G 2014. Naar een herziening van kali-advies grasland. Gezamenlijke studie NMI en Livestock Research. NMI-Rapport 1421.N.10

Bussink DW, Den Boer DJ & Van Middelkoop 2011. Beschikbaarheid van kali op basis van multinutriënt extractie; analyse van een database. Gezamenlijke studie NMI en Livestock Research. NMI-Rapport 1383.N.10.

CBGV 2019. Bemestingsadvies (www.bemestingsadvies.nl)

CBAV 2019. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl>

Den Boer DJ, Van Middelkoop JC & Van Schöll L 2010. Interactie tussen N en K op grasland. Herziening kali-advies gewenst? Gezamenlijke studie NMI en Livestock Research. NMI-Rapport 1347.N.09.

Ehlert PAI, Burgers SLGE, Steenhuizen JW, Van Lune P & Loman H 1998. De betekenis van grondonderzoek met 0.01M calciumchloride voor het kalium bemestingsadvies van bouwland. Rapport 87. DLO-instituut voor Agrobiologisch en bodemvruchtbaarheidsonderzoek.

Holshof G, Bussink DW, Doppenberg GW, van Middelkoop GC & H. van Schooten 2019 .in prep. Naar een nieuw kalibemestingsadvies voor snijmaïs. Gezamenlijke studie NMI en Livestock Research. Wageningen UR Livestock Research, Livestock Research Report 1189, pp 73

Jalali M 2007. A study of the quantity-intensity relationships of potassium in some calcareous soils of Iran. *Arid Land Research & Management* 21, 133-141.

Mengel K 1982. Factors of plant nutrient availability relevant to soil testing. *Plant & Soil* 64, 129-138.

Ros GH & Bussink DW 2011. Naar een ander K-advies op bouwland. NMI-notitie 1436.N.11 (vertrouwelijk, Blgg AgroXpertus).

Schneider A, Castillon P & Pellerin S 2003. Relationships between soil potassium supply characteristics based on soil solution concentration and buffer power and field responses of winter wheat and maize. *Plant & Soil* 254, 269-278.

Van Rotterdam-Los AMD 2010. The potential of soils to supply phosphorus and potassium. Processes and predictions. Wageningen, Proefschrift 26 februari 2010, pp 139.