

Groene energie nog groener

Biobrandstoffen kunnen een duurzaam alternatief zijn voor fossiele brandstoffen. Stefan Hol werkt bij Wageningen Universiteit en Research aan onderzoek naar de CO₂-uitstoot bij de productie van bio-ethanol uit suikerbieten.

Doordat suikerbieten veel sacharose bevatten, zijn ze erg geschikt voor de productie van bio-ethanol (alcohol).

De verse suikerbieten worden gewassen en dan vermalen tot pulp. De pulp wordt verhit om micro-organismen te doden. Als de pulp is afgekoeld, wordt deze in een bioreactor gebracht waarin gistcellen aanwezig zijn. De gistcellen gaan dan ethanol produceren.

Behalve sacharose, bevatten suikerbieten ook veel polysachariden. Daarom worden bepaalde enzymen toegevoegd aan de pulp in de bioreactor. Hierdoor wordt de ethanol-opbrengst hoger.

- 2p 10
- Geef de naam van een enzym dat voor dit doel kan worden toegevoegd.
 - Verklaar hoe toevoeging van dit enzym de ethanol-opbrengst verhoogt.

Voor de productie van ethanol is het belangrijk dat er **geen** zuurstof aanwezig is bij de gistcellen.

- 1p 11
- Noteer de naam van het proces dat in deze gistcellen optreedt waardoor ethanol ontstaat.

Als er **wel** zuurstof aanwezig zou zijn, zouden andere eindproducten ontstaan in de gistcellen.

- 1p 12
- Geef de namen van de eindproducten die ontstaan bij het proces dat plaatsvindt als zuurstof **wel** aanwezig is.

Bij teelt, transport, opslag en verwerking van suikerbieten komt koolstofdioxide vrij. Deze CO₂-uitstoot draagt bij aan het versterkte broeikaseffect. Stefan Hol stelde het volgende model op om deze CO₂-uitstoot per kilogram suikerbiet te kunnen berekenen.

$$\text{Totaal CO}_2 = \text{CO}_2 \text{ teelt} + \text{CO}_2 \text{ transport} + \text{CO}_2 \text{ opslag} + \text{CO}_2 \text{ verwerking}$$

Stefan Hol gebruikte in zijn berekeningen gemiddelde waarden en ging uit van de situatie zoals die in 2020 was. In de toekomst zullen deze waarden waarschijnlijk lager liggen.

- 1p 13
- Geef een manier waarop akkerbouwers bij de teelt van suikerbieten de CO₂-uitstoot per kilogram suikerbiet kunnen verminderen.

Het nadeel van het gebruik van verse suikerbieten is dat deze niet het hele jaar beschikbaar zijn. In plaats van suikerbietenpulp kan suikerbietensap worden gebruikt voor de productie van bio-ethanol. In tegenstelling tot pulp, is het sap lang houdbaar. De productie van sap uit suikerbieten kost echter veel meer energie, waardoor deze manier van ethanol-productie minder duurzaam is.

Hieronder staan enkele waarden van de teelt en verwerking van suikerbieten.

opbrengst teelt suikerbieten (ongewassen)	94.500 kg per hectare
percentage zand of klei aan de suikerbieten	10%
biomassa-gehalte van een gewassen suikerbiet	24%
gehalte sachariden	0,73 kg per kg biomassa
opbrengst aan bio-ethanol	0,52 kg per kg sachariden
CO ₂ -uitstoot bij gebruik pulp	0,80 g CO ₂ per kg bio-ethanol
CO ₂ -uitstoot bij gebruik sap	1,31 g CO ₂ per kg bio-ethanol

- 2p **14** – Bereken hoeveel kilogram bio-ethanol kan worden geproduceerd met de suikerbietenopbrengst van één hectare.
- Bereken hoeveel kilogram CO₂ er minder vrijkomt per hectare aan suikerbieten door gebruik van pulp in plaats van sap.

Bij het verbranden van bio-ethanol komt ook koolstofdioxide vrij. Gebruik van bio-ethanol draagt echter veel minder bij aan het versterkte broeikaseffect dan het gebruik van fossiele brandstoffen.

- 1p **15** Verklaar dat het gebruik van bio-ethanol uit suikerbieten minder bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect.