

# SluFert, ett datorprogram för beräkning av flytande näringslösningar

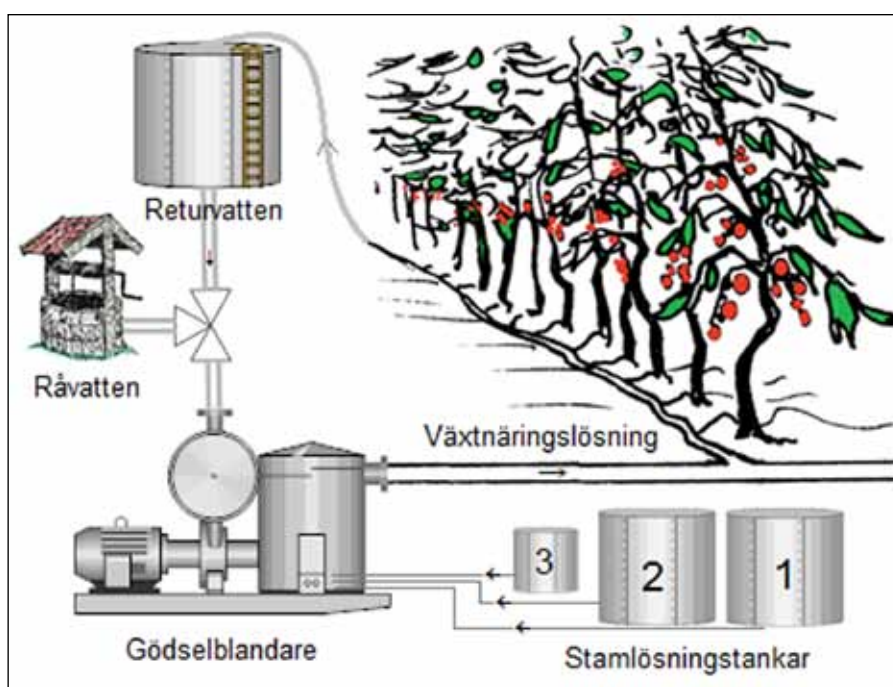
BENGT HÅKANSSON OCH INGER CHRISTENSEN

I växthus tillförs gödselmedel nästan alltid med bevattningsvattnet och även i vissa frilandskulturer har det under senare tid blivit vanligt att gödsla på detta sätt. Olika gödselblandare finns att köpa, men odlaren måste på något sätt ta reda på vad som ska blandas i stamlösningsskärnen och hur utrustningen ska ställas in för att få ut önskad lösningen till växterna. SluFert är ett hjälpmedel för att räkna på de kemiska jämvikter som ingår i dessa system. Programmet kan användas både för enkla vattendrivna gödselinjektorer och för avancerade system med ledningstals- och pH-styrning och recirkulering av bevattningsvattnet. pH, ledningstal, näringsämneskoncentrationer och gödselmedelskostnader beräknas. Dessutom varnar programmet vid risk för fällningar i stamlösningstankarna.

## Så används programmet

Den enklaste utrustningen för gödning med bevattningen består av en gödselinjektor som injicerar en viss andel lösning från en stamlösningstank i bevattningsvattnet. Vid odling i jord där näringsstyrningen inte behöver vara så exakt, där kalcium inte behöver tillsättas med bevattningen och där råvattnet har ett för kulturen lämpligt pH-värde kan en sådan utrustning vara tillräcklig. Ska däremot vattnets pH-värde sänkas behövs en andra tank där syra kan blandas in eftersom lågt pH-värde förstör chelaterade mikronäringsämnen. Då blir det också möjligt att använda kalciumhaltiga gödselmedel i den mån de inte blandas i samma tank som svavelhaltiga. Kalcium och svavel i samma tank ger utfällning av gips. Vid mer exakt styrning av näringstillförseln används blandare med ledningstalsstyrning och minst två stamlösningstankar. Har blandaren dessutom pH-styrning finns ett separat kärl för syra till pH-styrningen.

För att illustrera hur programmet fungerar tar vi ett exempel från en tänkt växthusodling med recirkulering av dräneringsvattnet. (se figur 1). Det är nästan samma exempel som beskrivs av Christensen m.fl. (2010) och där man visar hur beräkningarna kan ske manuellt.



Figur 1. Skiss av det bevattningssystem som diskuteras i detta faktablad. (bild: B Håkansson)

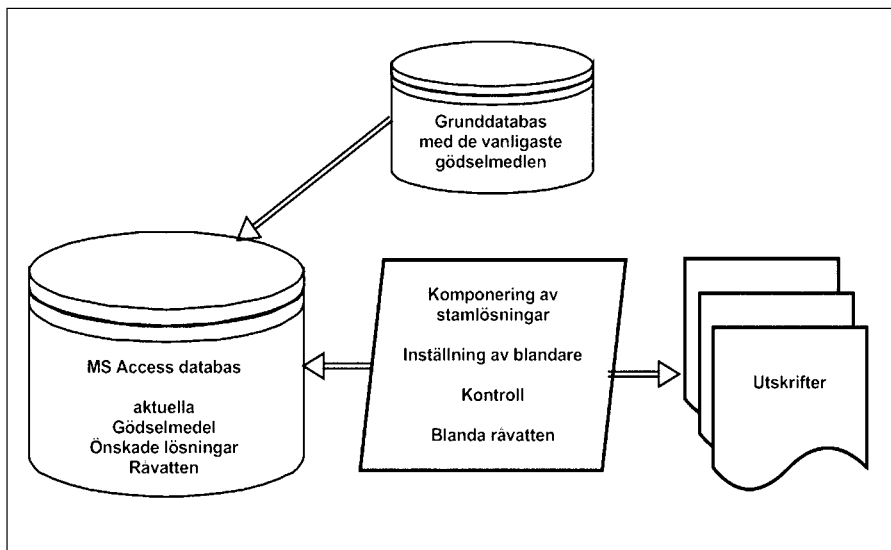
## Programmets uppbyggnad och funktion

Beräkningsprogrammet arbetar mot datafiler i form av Microsoft Access-databaser. En Access mdb-fil är en samling tabeller där data lagras på ett förutbestämt sätt. Väljer du <Arkiv/Ny databas> i programmet hämtas en grunddatabas in och sparas under det namn du väljer. Denna grunddatabas innehåller ett 60-tal på marknaden förekommande gödselmedel samt ett exempel på en gödselblandning. Som användare kan du välja mellan att lägga in alla dina gödselberäkningar i en enda databas eller att samtidigt jobba med flera parallellt. För odlare är det vanligtvis mest praktiskt att hålla sig till en databas per säsong, men gärna göra en kopia på denna inför varje säsongsskifte och sen jobba vidare i kopian. Kopia görs

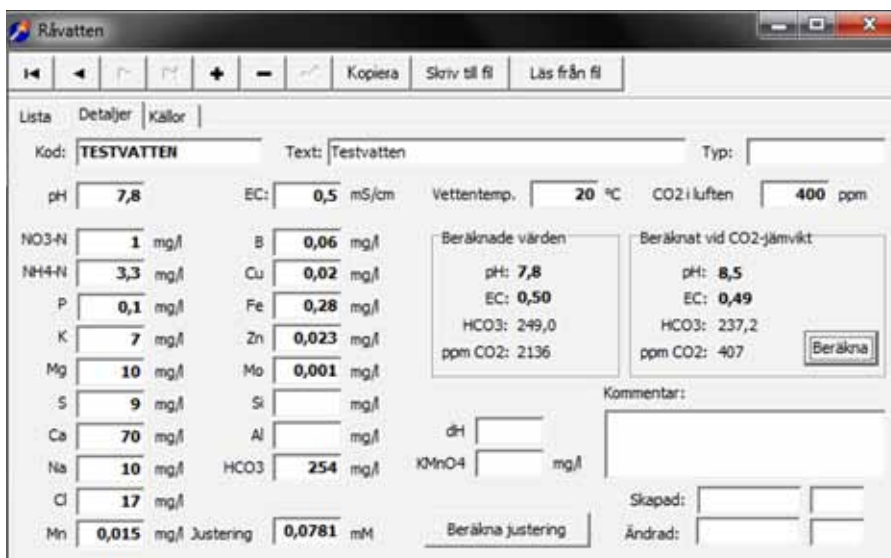
genom att välja <Arkiv/Spara som>.

Konsulenter som jobbar med flera företag kan lämpligen lägga upp en databas per kund. Gödselmedelsregistren kan då anpassas till vad varje kund har hemma. Har även kunden SluFert-programmet kan konsumenten skicka databasen med de beräkningar som gjorts till kunden utan att lämna ut uppgifter om sina andra kunder. Varje .mdb-fil är således helt fristående och innehåller alla data som behövs i de ingående gödselberäkningarna. Detta innebär emellertid att om ett nytt gödselmedel blir populärt och börjar användas av flera kunder måste detta läggas in på varje kund för sig. För att underlätta detta finns funktioner för att skriva ut gödselmedel till fil och läsa in från fil.

Programmet räknar på de viktigaste kemiska jämvikterna i näringslösningarna. Näringsämneskoncentrationer, pH och ledningstal i utgående lösning beror på råvatt-



Figur 2. Programmets uppbyggnad (Bild: B. Håkansson).



Figur 3. Exempel på råvattenanalys.

nets joninnehåll och tillsatta näringsämnen. pH och Lt beräknas utifrån de joner som ingår i lösningarna. Därför är det viktigt att alla joner som förekommer i större mängd tas med i beräkningarna. Råvatten och gödselmedel måste läggas in så att hänsyn tas till alla ingående joner. Att så sker kontrolleras vid inmatning genom att programmets beräknade pH-värden och ledningstal jämförs med uppmätta värden i vattenanalyser och leverantörernas uppgifter för gödselmedel. Korrekta indata är en förutsättning för att de beräkningar som sen görs ska bli pålitliga. Koncentrationen av vätejoner ( $H^+$ ) och hydroxidjoner ( $OH^-$ ) anges i och för sig vid registrering av vattenanalyser som pH-

värde, men detta pH-värde används enbart för manuell kontroll och påverkar inte beräkningarna.

I en lösning är alltid mängden negativa och positiva laddningar lika. Programmet summerar ingående joners laddningar. Bli det ett överskott på negativa laddningar räknar programmet med att de saknade positiva laddningarna finns på vätejoner, dvs. att pH-värdet är lägre än 7. Vid överskott av positiva joner antas de saknade negativa laddningarna sitta på  $OH^-$ -joner. I gödselmedelsregistret är därför nitraten den enda jon som finns inlagd på salpetersyra. Som en kontroll räknar programmet fram att vid utspädning av 58 % salpetersyra med

destillerat vatten i förhållandet 1:1000 blir pH-värdet 2,0. Detta värde kan sen jämföras med eventuella uppgifter från tillverkare eller litteratur för att verifiera att ingångsdata är rimliga.

### Grunddata

I ett gödselmedelsregister finns de vanligaste gödselmedlen för blandning av flytande näringslösning lagrade och vid behov kan användaren komplettera databasen med ytterligare gödselmedel.

Analys måste göras på det råvatten som används i odlingen. Recirkuleras dräneringsvattnet måste detta också analyseras på växtnäringsämnen, pH, Lt och karbonat. Vattenanalyserna registreras i programmet.

Vattnet i figur 3 kommer från en borrhälsbrunn i en kalkrik trakt. När analysvärdena knappades in i vänstra delen av bilden beräknade programmet vattnets pH-värde till 7,5. Vi tror dock mer på analysvärdet 7,8 varför vi trycker på knappen [Beräkna justering]. Programmet räknar då ut att det saknas 0,0781 mmol positiva joner per liter om pH-värdet i detta vatten är 7,8. Denna justering följer sedan med och påverkar pH-beräkningen vid komponering av gödselblandningar.

pH och Lt i rutan Beräknade värden är framräknade med antagandet att  $CO_2$  inte går upp i luften. Med detta vattens karbonathalt och pH-värde skulle det vara i jämvikt med en luft som innehåller 2136 ppm  $CO_2$ . Utbytet av  $CO_2$  mellan luft och vatten är vid dessa koncentrationer en långsam process och vi antar att jämvikt inställer sig först när näringslösningen kommer ut i odlingssubstratet. Till höger i bilden visas vad som händer om vattnet luftas så att jämvikt inställer sig mellan luftens och vattnets  $CO_2$ -halter. pH kommer i så fall att stiga till 8,5 och karbonathalten sjunka till 237,2 mg/l.

Växtnäringsämnen, pH och Lt i utgående lösning läggs också in i programmet. Detta är inte nödvändigt men underlättar arbetet när stamlösningarna ska komponeras. Även vid diskussioner med rådgivare och för framtida egna behov är det praktiskt att ha de önskade lösningarna registrerade.

### Blandning av stamlösningar

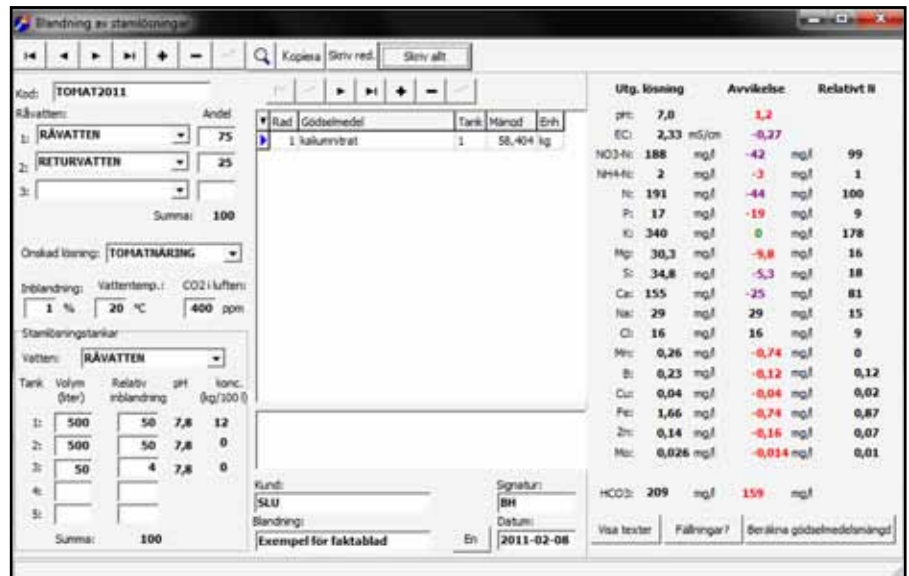
I figurerna 4 och 5 visas hur en gödselblandning komponeras. Detta är den centrala delen av programmet. Varje blandning lagras under en kod, i detta fall TOMAT2011. In-

gående vatten består i exemplet av 75 % av det råvatten vi tittade på i figur 3 samt 25 % returvattnet. Vi har en ledningstals- och pH-styrd blandare med två stamlösningstankar á 500 liter samt en syratank på 50 liter.

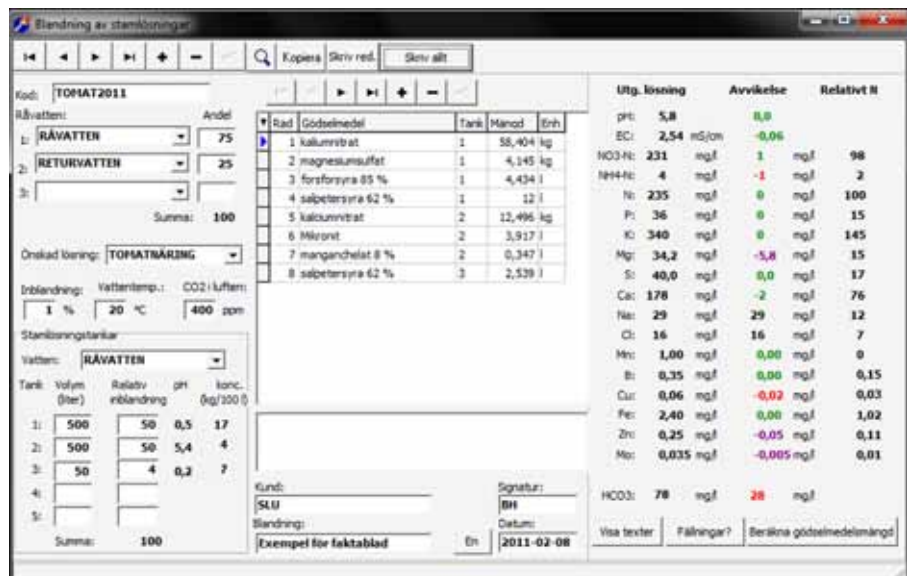
I kolumnen Relativ inblandning har vi angett att gödselblandaren är inställd så att lika mycket stamlösning tas från var och en av de stora tankarna och att koncentrationen i syratanken ska anpassas så att 4 delar tas från denna när 50 delar tas från var och en av de stora. Inblandningen är 1 % vilket innebär att en del stamlösning blandas med 99 delar vatten. Lika mängder stamlösning från var och en av de stora tankarna pumpas alltså in i vattnet tills Lt blir det önskade. Dessutom blandas syra in från den lilla tanken så att pH sänks till 5,8. Det är nu användarens uppgift att med hjälp av programmet välja gödselmedel och bestämma vilka mängder som ska blandas i vilket stamlösningstankar så att den näringsblandning som går ut till växterna blir den önskade. Vid beräkningarna antas i detta fall att 1 % stamlösning blandas in i vattnet, men i slutändan är det givetvis ledningstalet som styr.

Här har vi börjat med kaliumnitrat, som används som enda kaliekälla, och tryckt på knappen [Beräkna gödselmedelsmängd] för att låta programmet räkna ut hur mycket av detta gödselmedel som behövs för att täcka kaliebehovet. I avvikelsekolumnen ser vi då att avvikelserna är 0 för kalium. Nollans gröna färg indikerar att avvikelserna är inom intervallet  $\pm 5\%$  från det önskade värdet på 340 mg/l. Önskade värden för natrium och kloridjoner är inlagda med 0. Därför skrivs avvikelserna med svarta siffror. För övriga ämnen visas avvikelserna med röda siffror vilket innebär att den är större än  $\pm 20\%$  jämfört med önskad näringsämneskoncentration. Kolumnen Utg. Lösning visar vad som finns i lösningen med angivna blandningsinställningar och de gödselmedel som matats in.

Figur 5 visar bildskärmen när vi är klara med vår gödselblandning. Kaliumnitrat, magnesiumsulfat, fosforsyra och salpetersyra har blandats i tank 1. Att kvantiteterna är angivna med tre decimaler beror på att mängderna är beräknade med funktionen på knappen [Beräkna gödselmedelsmängd]. Om så önskas kan man givetvis manuellt jämföra till mängderna och även justera dem så att hela och halva säckar i möjligaste mån används. Ibland kan det vara lämpligt att ändra inblandningsprocenten i beräkningen. Vill



Figur 4. Bildskärm när gödselblandaren specificerats och ett gödselmedel matats in.



Figur 5. Bildskärm när stamlösningarna är klara.

vi använda två 25-kilos säckar kaliumnitrat vid varje blandningstillfälle kan vi i vårt exempel öka inblandningen till 1,2%. Då måste visserligen mängderna av en del andra gödselmedel också räknas om, men det är snabbt gjort med hjälp av programmet.

Gödselblandaren i exemplet har pH-styrning. En sur stamlösning pumpas in från tank 3 så att önskat pH-värde uppnås i bevattningvattnet. Eftersom råvattnet är hårt med hög karbonathalt krävs det en hel del syra för att sänka pH till 5,8 som vi vill ha i utgående lösning. Större delen av syrorna hålls i tank 1. Fosforsyran ger

den mängd fosfor som behövs och sedan har vi lagt till en lämplig mängd salpetersyra för att neutralisera det mesta av vattnets alkalitet. Syrorna i tank 1 sänker pH till 6,0 i utgående lösning. Resterande pH-sänkning åstadkommes med pH-styrningen och tank 3.

Kväve kommer från flera gödselmedel i denna blandning. Kaliumnitrat och salpetersyra i tank 1 täcker en stor del av behovet. När kalciumnitrat lades i på rad 5 beräknades mängden för att täcka återstående kvävebehov. 15 kg behövdes. Salpetersyran i pH-styrningstanken ger emellertid också



kväve. Efter att denna lagts in blev det för mycket kväve i blandningen. Kalciumnitrat räknades därför om och den slutliga mängden blev 12,5 kg.

Kalciumsulfat, dvs. gips, är en svårlösning förening som man måste se upp med vid blandning av gödselmedel. Här undviks fällning genom att lösa magnesiumsulfat i tank 1 och kalciumnitrat i tank 2. Lägger vi in kalcium- och sulfatgödselmedel i samma tank varnar programmet för detta. Sen gäller det bara att den som håller gödselmedlen i tankarna läser på lappen och inte förväxlar säckarna. Varningar visas även för fällningar av kalciumfosfat och magnesiumfosfat. Rör det sig om uppenbara felblandningar visas en varning med röd text på skärmen. Med knappen [Fällningar ?] kan man kontrollera om mindre mängder gips eller fosfater fälls ut i stamlösningstankarna. I vårt exempel beräknar programmet att 0,011 g gips faller ut per liter stamlösning i tank 2. Råvattnet innehåller lite sulfat och med kalciumjonerna från kalksalpetern blir det lite gips. De 5,5 g som det blir i hela tanken kan vi dock leva med.

pH och mängden gödselmedel i stamlösningstankarna visas i bildens nedre vänstra hörn (se figur 5). Tumregeln är att man inte bör blanda mer än 20 kg gödselmedel per 100 liter stamlösning. Vi ligger långt under denna gräns med 17 kg/100 liter i tank 1 och endast 4 kg/100 liter i tank 2. I system utan recirkulering brukar det inte vara

helt enkelt att klara denna gräns vid 1 % inblandning av stamlösning och Lt runt 2,5. Vid högre Lt i utgående lösning blir inblandningen normalt högre än 1 %. I vårt exempel skulle vi däremot kunna öka stamlösningarnas styrka, lägga en del av kaliumnitrat i tank 2 och minska inblandningen till 0,7 %. Vinsten blir att lösningarna räcker längre och att vi slipper blanda gödsel så ofta.

Ledningstalsstyrda gödselblandare pumpar visserligen in den mängd stamlösning som behövs i vattnet så att det inställda ledningstalet uppnås, men vid beräkning av vad som ska blandas i stamlösningstankarna måste man anta en viss inblandningsprocent. Ledningstalet i utgående lösning beror på vilka joner som ingår. Vi hade angivit att det skulle bli 2,6 och programmet har räknat ut att det blir 2,54 med den blandning vi gjort. I detta fall är avvikelserna obetydliga men i de fall värdena skiljer sig är det beräknat värde som ska ställas in på blandaren om vi vill ha ut de näringsämneskoncentrationer som visas i kolumnen Utg. lösning.

I den tank chelaterade mikronäringsämnen blandas är pH väsentligt. Chelatkomplexen förstörs vid extrema pH-värden. Vad de tål beror på kombinationen av näringsämne och chelateringsmedel, men ligger pH inom intervallet 3,5 – 6 är man på den säkra sidan.

Magnesiumhalten är 5,8 ppm lägre än den vi önskade. Mängden magnesiumsulfat

skulle kunna ökas om vi kan acceptera lite för mycket svavel. Annars skulle vi kunna få resterande magnesium från ett annat magnesiumgödselmedel som magnesiumnitrat eller magnesiumfosfat. Även koppar och zinkhalten skulle kunna ökas med andra gödselmedel om vi finner det nödvändigt.

Karbonathalten är 28 ppm högre än vad vi angivit i önskad lösning, men det beror på att vi valt att hålla pH 5,8 i vattent ut till växterna. Sänks pH till 5,5 sjunker karbonathalten till 50 mg/l. Karbonat i utgående vatten är emellertid en fördel eftersom det verkar pH-stabiliserande.

### Sammanfattning

SluFert är ett datorprogram för beräkning av stamlösningar vid gödsling med flytande näringslösning. pH, Lt, näringsämneskoncentrationer och gödselmedelskostnader beräknas. Olika inställningar av gödselblandaren kan simuleras. Programmet är utvecklat av SLU i Alnarp tillsammans med Grön Kompetens, Yara och HIR Malmöhus. Det säljs av SLU i Alnarp.

### Mer att läsa:

Christensen I., Hansson T. & Svensson S-E. 2010. Gödsling i slutet odlingsystem i växthus – underlag till utbildningsmodul. SLU. Tillväxt Trädgård Rapport 2010:15. Alnarp

### Faktaruta

- Faktabladet är utarbetat inom LTJ-fakultetens Område Arbetsvetenskap, Ekonomi och Miljöpsykologi. [www.slu.se/AEM](http://www.slu.se/AEM)
- Faktabladet är finansierat av Tillväxt Trädgård, Grön Kompetens AB, HIR Malmöhus och Yara AB
- Projektansvarig/Författare: Bengt Håkansson, [bengt.hakansson@ltj.slu.se](mailto:bengt.hakansson@ltj.slu.se)  
Box 88, 230 53 Alnarp. I projektets referensgrupp har följande personer ingått: Inger Christensen, Grön Kompetens AB, Thilda Nilsson, HIR Malmöhus och Mats Martinsson, Yara AB.
- På webbadressen <http://epsilon.slu.se> kan detta faktablad hämtas elektroniskt

### Tillväxt Trädgård

Är ett projekt som syftar till att ge förutsättningar för ökad konkurrenskraft och tillväxt inom trädgårdsnäringsen genom nytänkande och samarbete.

Projektet finansieras av Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling: Europa investerar i landsbygdsområden, SLU, LTJ-fakulteten Alnarp, LRF/GRO, Hushållningssällskapen i Malmöhus, Halland och Kristianstad, Lovang Lantbrukskonsult AB, Mäster Grön samt Prysek.

