

# Utvärdering av prototyper för vertikala odlingsystem

BEATRIX ALSANIUS, JOHAN LJUNGQVIST, RICKARD STRÖMBLAD, MIKAEL OLENMARK, THOMAS ERIKSSON

## Sammanfattning

Vertikala odlingsystem tillåter en effektivare platsanvändning och är intressanta alternativ vid odling i urbana och periurbana miljöer. I föreliggande studie konstruerades och utvärderades två prototyper av vertikala odlingsystem, en hängande variant med avgränsade odlingskärl och en golvplacerad variant bestående av 18 rännor med 7 kärl per ränna. Prototyp 1 och 2 tillämpade dropp- respektive kapillärbevattning.

## Våra resultat visar att:

- Båda prototyper lämpar sig för vidareutveckling, men (båda behöver optimeras för framtida bruk och) utvecklingsbehovet förefaller att vara större för prototyp 2.
- Sallad av säljbar storlek och kvalitet kunde odlas fram.
- Ljusbetingelser varierade påtagligt i höjddled inom odlingsystemet.
- Det fanns ett starkt samband mellan ljusintensitet och biomassproduktion, bladstorlek, rotvikt och i viss mån rotlängd.
- Förekomst av bakterier och svampar var signifikant högre för prototyp 2 jämfört med prototyp 1; den låg i båda fallen på koncentrationer som konstaterats i näringslösning i kommersiella horisontella odlingsystem.
- Konstruktionerna som presenteras i detta faktablad är intellektuell egendom ägd av författarna till detta faktablad.

**Nyckelord:** hydroponiska odlingsystem, sallad, slutna system, stadsodling, växthus

## Bakgrund

I den offentliga debatten kan det ibland se ut som att konsekvenserna av livsmedelskris orsakad av klimatförändringar, vattenbrist, ökande världsbefolkning, migration, urbanisering, fattigdom – har ett tydligt och lätthanterbart svar: stadsodling (*urban horticulture*). Stadsodling omfattar produktion av ätliga och icke-ätliga trädgårdsprodukter i städer eller stadsnära miljö och tätbebyggt område. Konceptet är en vital del inom hållbar stadsutveckling. Bland de odlade kulturgrupperna finns grönsaker, svampar, frukt-, bär-, medicinal- och kryddväxter samt prydnadsväxter. Denna odlingsform är i synnerhet intressant för trädgårdsprodukter med begränsad hållbarhet som är avsedda för färskkonsumtion. Frågeställningen ter sig olika i olika delar av världen. I (i) u-länder handlar stadsodling primärt om livsmedelsförsörjning (Orsini et al. 2009), medan

incitamentet i i-länder oftast är ett annat. Här är fokus hållbar stadsutveckling och växlighet används som ett sätt att lösa stadens problem: integration av olika befolkningsgrupper, återanvändning av resurser (kompost av avfall som växtnäring; avloppsvatten som växtnäring- och vattenkälla; dagvatten som källa för bevattningsvatten), lokalproduktion av livsmedel för minskning av transporter, bekämpning av urbana värmeöar, ökat välbefinnande. Växter och odlade produkter är i detta sammanhang en positiv, men sekundär effekt.

Även om stadsodling i u- och i-länder handlar om odling av växter i urban och peri-urban miljö sker odlandet under vitt skilda förutsättningar, t.ex. vad gäller aktörer, odlingsättets komplexitet och teknologiska lösningar. Perspektivet på stadsodling i den industrialiserade delen av världen är inte enhetligt heller. Trots att en livsmedelskris kan kännas väldigt avlägset i skrivande stund, kan det finnas risk för en åtminstone temporär brist i försörjningen orsakad av existerande strukturer. Det finns städer i vårt närområde (t.ex. London), som tar detta hot på allvar, men ser en möjlighet att utveckla en effektiv livsmedelsproduktion i urban och peri-urban miljö. I detta sammanhang är också klimatavtryck av livsmedelsförsörjningen en viktig faktor. Det finns också ett ökat intresse för industriell och entreprenuriell verksamhet rörande stadsodling.

*Per definition* är det brist på mark i stadsplanerat område som kan användas för en kontinuerlig försörjning med livsmedel. Exempel på utrymme för horisontell odling är villaträdgårdar, odlingslotter i offentliga parker eller föreningars regi, enskilda öar på marken, balkong, tak (OBS! takkonstruktionens bärkraft). Växter odlas antingen direkt i naturlig respektive anlagd mark, eller i odlingssubstrat. För en effektivare platsanvändning skulle vertikal odling av trädgårdsväxter för livsmedelsförsörjning vara ett intressant alternativ. Exempel på vertikala odlingar med prydnadsväxter på fasader, väggar eller murar finns redan. För vertikal produktion av livsmedel krävs dock andra teknologiska lösningar då växternas tillväxt och utveckling samt produkternas kvalitet måste säkerställas. I och med att odling för livsmedelsproduktion går ut på att producera biomassa, måste den tekniska konstruktionen vara lätt, stabil och ha en hög hållfasthet. Detta innebär att odling i odlingssubstrat med näringsbevattning (hydroponiska odlingsystem) är mycket lämplig. En lätt konstruktion förutsätter att vattenflödet genom systemet och odlingssubstratets sammansättning måste optimeras. Naturliga jordar är oftast för tunga för dessa konstruktioner och ställer högre kraft på



Figur 1. Prototyp 1 (foto: B. Alsanius)



Figur 2. Prototyp 2 (foto: B. Alsanus)

hållfasthet. Stående vatten måste undvikas av vikt-mässiga skäl och för att bibehålla en god planthälsa. Effektiv resursanvändning förutsätter att vatten och näring utnyttjas maximalt och att dräneringslösningen återanvänds (slutna odlingsystem). Low-techsystem, dvs lösningar med låg insats av tekniska komponenter som pumpar och gödselblandare och hög andel av mekaniska åtgärder, lämpar sig för småskaligt bruk; i gengäld krävs ett större engagemang av odlaren/na. Dessa är i synnerhet viktiga i områden där elförsörjningen inte alltid kan säkerställas. Lösningar för storskalig kommersiell produktion (high-tech system) är mer beroende av en kontinuerlig energiförsörjning. Mekaniska lösningar är grunden för konstruktionerna också i dessa fall, men odlingsystemen måste kunna optimera växternas tillväxt och utveckling, säkerställa växthälsan och produktkvalitet, samt tillåta tajming av produktionen. Också här finns olika grader av komplexitet. Problemlösningar kan variera med hänsyn till odlingsplatsen (under kontrollerade betingelser i växthus eller under plast, eller under bar himmel).

I dagens läge dominerar marknaden av olika systemlösningar för horisontell odling. Därför finns få kommersiella systemlösningar för vertikalodling tillgängliga. Projektets övergripande syfte var att undersöka förutsättningar för en uthållig och resurseffektiv produktion av högkvalitativt frukt och grönt för färskkonsumtion i tätbebyggt område. Studiens detaljmål är att utvärdera två prototyper av vertikala odlingsystem som konstruerats inom ramen för en individuell kurs om hydroponisk odling vid SLU, Alnarp, hösten 2009. Utvärderingen var en del i (skedde inom ramen för) två BSc-arbeten vid Område Hortikultur, vid SLU Alnarp.

Undersökningen byggde på följande hypoteser:

- De två prototyperna lämpar sig för odling av sallad.
- Ljus är en begränsande faktor vid vertikal odling av sallad och prototyp 1 kommer att visa tydligare tecken på underoptimala ljusförhållanden jämfört prototyp 2.

Tabell 1: Specifikationer för prototyp 1 och 2

	Prototyp 1	Prototyp 2
Sätt för tillförsel av vatten och växtnäring	Droppbevattning	Kapillärbevattning
Växtrötternas organisation	Enskilt kärl; näringslösningen passerar enbart ett rotsystem innan den samlas upp igen; växtrötterna står inte i kontakt med varandra	Flera odlingskärl per ränna; näringslösningen passerar flera kärl vid ett bevattningstillfälle; rötter av växter som står i samma ränna kommer med ökande rottillväxt stå i kontakt med varandra.
Höjd (m)	2.5	2.5
Ytbehov (m <sup>2</sup> )*	0.8	1.5
Antal rännor	n/a	18
Antal kärl	68	126 (18 rännor med 7 kärl/ränna)
Antal ljuslägen	4	6
Antal krukor per ljusläge	Nivå 1: 20 Nivå 2: 23 Nivå 3: 17 Nivå 4: 8 Nivå 5: n/a Nivå 6: n/a	Nivå 1: 21 Nivå 2: 14 Nivå 3: 28 Nivå 4: 42 Nivå 5: 14 Nivå 6: 7
Bevattning	Intermediär 0600-1800: 15 min varannan timme 2200: 15 min 0200: 15 min	Intermediär 0800-1600: 5 min varje timme 0000: 5 min
Flödes hastighet	1.71 l/h	43.31 l/h
Vattenreservoar i botten av odlingskärl/ränna	Ja	Nej

\* en kontainer för brukslösning av näringslösning tillkommer. I föreliggande ansats upptog den 1.5 m<sup>2</sup>, men kan med fördel integreras i systemet

- Sättet att tillföra vatten och näring påverkar plantkonditionen och biomassproduktionen.

## Material och metoder

Två prototyper för slutna vertikala odlingsystem testades. Båda prototyper bygger på substratbundna odlingsystem, där pimpsten i teststadium används som odlingssubstrat och båda har en konisk uppbyggnad med 80° lutning. Båda prototyper lämpar sig för odling av låga (ca 30 cm höga) växter (t.ex. kruksallad, kryddväxter, jordgubbar). De två prototyperna skiljer sig åt vad gäller (1) sättet att tillföra vatten och näring och (2) plantrötternas organisation (Tabell 1).

Den hängande prototypen 1 (P1) har separata odlingskärl med självdränering i spiralform. P1 har en konisk form för att optimera växternas exponering mot ljus. Den upptar 0,8 m<sup>2</sup> och är planerat för 68 plantor. Prototyp 2 (P2) vilar på ett golvbundet stativ, som är 2.5 m högt och består av ett vertikalt roterande rännsystem där näringslösningen tillförs vid passage förbi ställningens bas. Roteringshastigheten kan anpassas till yttre faktorer, t.ex. solinstrålning och temperatur, och därmed regleras bevattningsfrekvensen. Den upptar 1,5 m<sup>2</sup> och har plats för 126 plantor, organiserade i 18 rännor. Båda odlingsystem är avsedda för återanvändning av näringslösning. I teststadiet kopplades ingen rening-åtgärd till odlingsystemen. Ritningar till prototyperna presenteras i figur 2 och 3.

De två prototyperna testades i två omgångar under november/december 2009 och december 2009/ januari 2010. Som modellplanta användes Lollo Rossa, cv. Fortress. Salladsfrön groddes i vermikulit och plantorna överfördes sedan till kontainer med

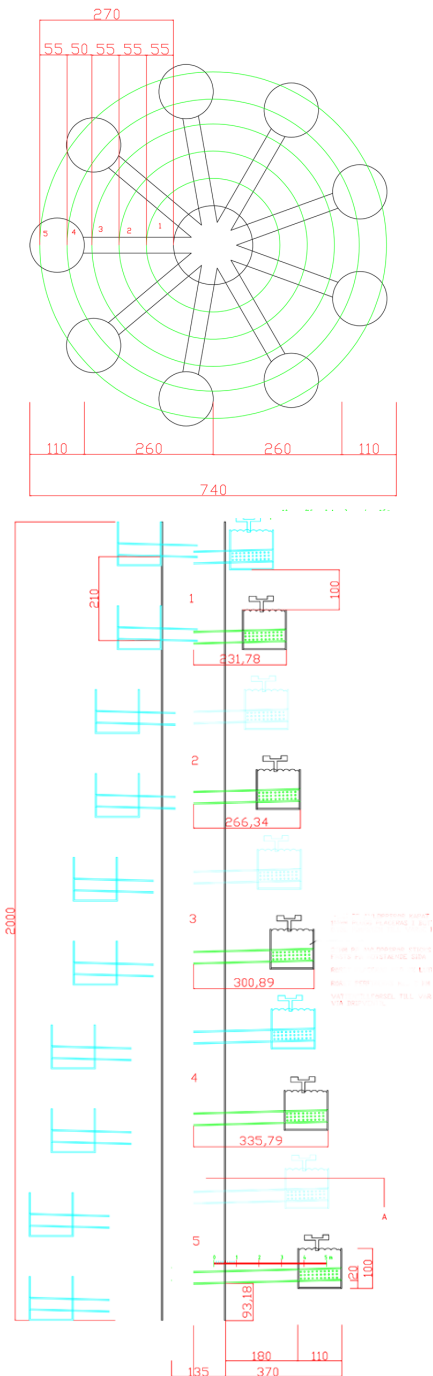
pimpsten som placerades i odlingsystemen och odlades sedan i tre veckor, vid 21 °C. Näringslösningens sammansättning byggde på recept framtagna av Sonneveld & Straver (1989), modifierades med hänsyn till extra tillförsel av kisel (Currie & Perry 2007) och kontrollerades och justerades dagligen manuellt med hänsyn till pH och ledningstal samt volymen. Plantor i P1 bevattades (flödes hastighet 1.71 l/h) i 15 minuter varannan timme från kl 6 till kl 18 samt i 15 minuter kl 22 och kl 2, medan plantor i P2 bevattades (flödes hastighet 43.3 l/h) i fem minuter varje timme från kl 8 till kl 16 och kl 0. På grund av ljusförhållandena i nordliga breddgrader under höst och vinter belystes systemen med högtryckslampor (SON-T, 400 W) under 8 h (0800-1600). Lamporna placerades på fyra sidor om prototyperna.

## Analys

Kemikalier, instrument och metoder som användes i analysarbetet är närmare beskrivna i Ljungquist (2012).

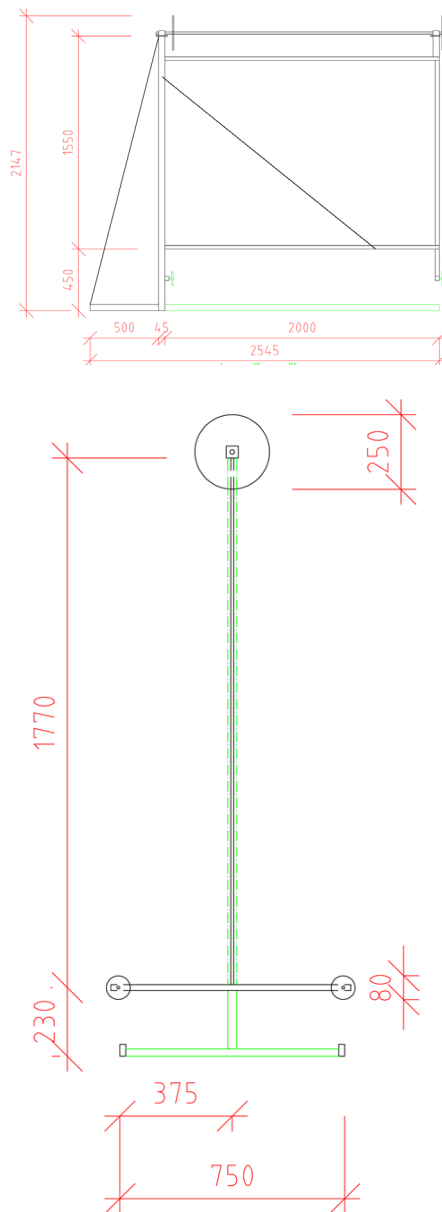
Odlingsystemen utvärderades med hänsyn till biologiska, växtpatologiska och tekniska faktorer samt miljöfaktorer i beståndet. Inför analysen delades prototyperna upp i olika zoner med hänsyn till ljusinstrålning. Ljusinstrålning och fotosyntesaktivitet mättes vid tre ljusa och molniga dagar. Utöver detta registrerades fluorescensen, som ett mått på plantstress, och bladfärgen som en indikator på ljuseffekt. Plantkonditionen registrerades en gång per vecka. För bedömning av biomassproduktionen mättes bladskärmens mantelyta en gång per vecka. Utöver detta bestämdes både bladskärmens och rorens frisk- och torrsvikt samt bladstorlek.

Näringslösningen analyserades en gång per vecka



Figur 2. Uppbyggnad av prototyp 1.

med hänsyn till halten växtnäringsämnen och totalhalten organiskt kol (TOC) analyserades efter avslutade kulturer. pH och EC mättes kontinuerligt i näringslösningen med hjälp av datalogger. Mikrobiell kolonisering bedömdes genom levande celltalbestämning av svampar (0,5 maltextraktagar) och bakterier (R2A) (Khalil & Alsanusi 2001) i slutet av experimentet med tre replikat per system. Plattorna inkuberades i 96 h.



Figur 3. Uppbyggnad av prototyp 2.

## Resultat och Diskussion

Våra resultat visade att båda prototyper har god potential för vertikal odling av sallad. Båda prototyperna behöver dock optimeras innan de kan användas i större serier. Utvecklingsbehovet är större för prototyp 2 än för prototyp 1. Samtidigt behöver också beståndsfaktorerna anpassas från horisontella till vertikala tillämpningar. Salladplantorna hade en hög, dock varierande överlevnadsfrekvens. I den hängande prototypen P1 var överlevnadsfrekvensen jämnare mellan de två odlingsomgångarna jämfört med prototyp 2. Den högre mekaniseringsgraden i prototyp 2 behöver ses över för att komma fram till en fullgod lösning som brukar ansatsens fulla potential. Detta gäller dels att skapa en stabil lösning för att en stadig rotering av rännorna och dels att

se över konstruktionen för att undvika läckage av näringslösning.

Sallad är ett mycket ljuskrävande växtslag (Karlson & Werner 2009). Den lämpar sig därför väldigt väl som testplanta i dessa sammanhang. Bladfärgen hos Lollo Rosso, som kräver en ljusintensitet på 200–250  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , är ljusberoende. Den är därmed en extra känslig indikator under de låga ljusbetingelserna som är vanliga under vintertid i Sydsverige. Skuggeffekter är mycket vanliga i vertikala odlingsystem (Linsley-Noakes et al. 2006). Som förväntat sjönk ljusintensiteten påtagligt med ökande avstånd från ljuskällan. Färskvikten av bladskärmen av plantor producerade i P1 respektive P2 låg mellan 0,4–46,8 g respektive 0,8–40,5 g i omgång 1 och mellan 0,8–98,6 g respektive 0,3–94,5 g i omgång 2. Det tydliga samspillet mellan ljusintensitet i olika nivåer i odlingsystemen och biomasseproduktionen samt bladstorlek var därför förväntade. Samspillet var tydligt under båda testomgångar och odlingsystem. Generellt var korrelationen starkare hos P1 än för P2 (se figur 4 och 5).

Fluorescensmätningarna är en indirekt testmetod för att bedöma generell plantstress. Trots att ljusmängden varierade mellan 17–435  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  tydde inga värden i fluorescensmätningen på stress (Maxwell & Johnson 2000). Detta är anmärkningsvärt och bör definitivt utvärderas ytterligare vid senare uppföljningar av prototyperna innan slutsatser kan dras. Däremot inverkade ljusintensiteten på bladfärgen. Den röda bladfärgen var mer utpräglad hos salladplantor som odlades i P1 jämfört med P2 och signifikanta skillnader fastställdes under mellan prototyperna under första testomgång. Det tydliga sambandet mellan ljusintensitet och biomasseproduktionen var visserligen förväntat; detta är dock också en indikation på att odlings sättet måste anpassas till villkoren för vertikalodling. Placering och utformning av belysningsutrustning fokuserar på horisontell odling. I vertikal odling vore det mycket mer ändamålsenligt att tillämpa beståndsbelysning, dvs ljuskällor som finns i höjddled i växtbeståndet. Detta skulle med fördel kunna ordnas på ett resurseeffektivare sätt också, i och med att värmen som alstras förs direkt in i beståndet och utjämnar temperaturgradienter i höjddled. LED-belysning och anpassning till fotosyntetiskt effektiva våglängder skulle kunna vara ett intressant alternativ i detta sammanhang.

Strategier för vatten- och näringsförsörjning är viktiga för biomasseproduktionen. Analys av näringshalterna i dräneringslösningen och i odlings-substratet visade att spannet mellan minimi- och maximivärden var stort. Detta innebär att näringsstrategin måste optimeras. Trots att natrium och klorid inte ingick i gödslingsreceptet som låg till grund för denna undersökningen, så kunde påtagliga mängder konstateras vid analysen. Det är mycket möjligt att det rör sig om frisättning från odlings-substratet vilket också har konstaterats i tidigare laboratorieundersökningar utförda i mättnadsextrakt för olika odlingssubstrat av vulkaniskt ursprung (Alsanusi et al. 2010).

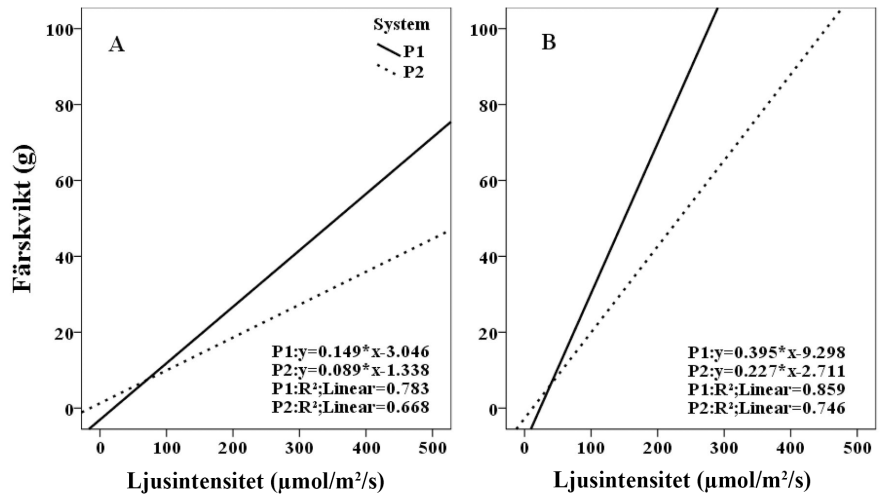
Analysen av svampar och bakterier i dräneringslösningen vid slutet av försöket visade på skillnader mellan de två prototyperna, vilket är förväntat. Detta kan vara till följd av dels de öppna rännorna



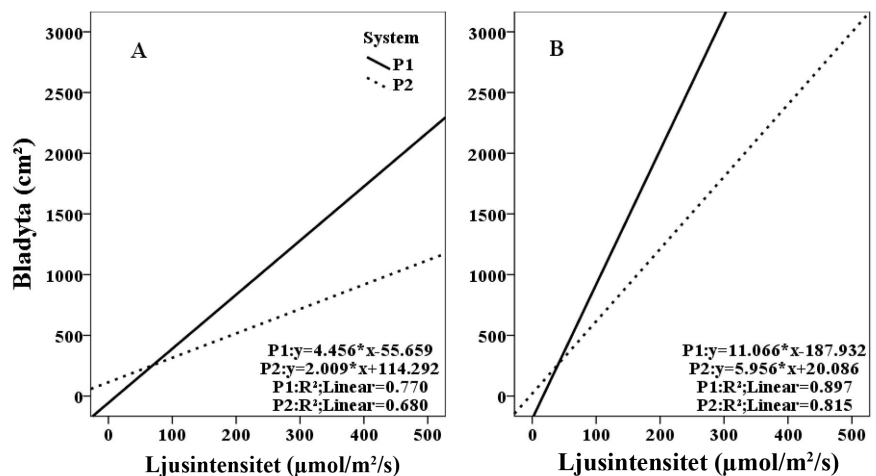
som användes i P2 jämfört med P1, som hade ett slutet uppsamlingsystem för dräneringsvatten, dels av växtrotternas placering. Enskilda avgränsade odlingskärn är mindre benägna för överföring av smittor än system där näringslösningen passerar fler än en planta vid varje bevattningstillfälle och där växtrotterna kommer i kontakt med varandra. Halterna var dock i ingen av behandlingar högre än vanligt i kommersiella hydroponiska odlingsystem med sallad.

## Litteratur

- Alsanius BW, Wohanka W, Kritiz G & Waechter D. 2010. Som jord. Alnarp.
- Currie HA & Perry C.C. 2007. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany* 100, 1382-1389.
- Karlsson MG & Werner JW. 2009. Hydroponic greenhouse lettuce production in subarctic conditions – using geothermal heat and power. *Acta Horticulturae* 843, 275-282.
- Khalil S & Alsanius BW. 2001. Dynamics of the indigenous microflora inhabiting the root zone and the nutrient solution of tomato in a commercial closed greenhouse system. *Gartenbauwissenschaften* 66, 188-198.
- Lindsay-Noakes G, Wilken L & de Villiers S. 2006. High density, vertical hydroponic growing systems for strawberries. *Acta Horticulturae* 708, 365-370.
- Ljungqvist J. 2012. Comparison of two prototypes of plant cropping systems. Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU.
- Orsini F, Michelon N, Scocozza F & Gianquinto G. 2009. Farmers to consumers: an example of sustainable horticulture in urban and periurban areas. *Acta Hort.* 809, 209-220.
- Maxwell K & Johnson GN. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51, 659-668.
- Sonneveld C & Straver N. 1989. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw. Naaldwijk, Aalsmeer, No 8.



Figur 4. Samspel mellan ljusintensitet ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) och salladshuvudets färskvikt (g) (Lollo Rosso cv. Fortress) odlade i två prototyper för vertikala odlingsystem (P1, P2). Prototyperna specificeras ingående i avsnittet material och metoder samt i tabell 1.



Figur 5. Samspel mellan ljusintensitet ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) och bladyta ( $\text{cm}^2$ ) hos salladsplanter (Lollo Rosso cv. Fortress) odlade i två prototyper för vertikala odlingsystem (P1, P2). Prototyperna specificeras ingående i avsnittet material och metoder samt i tabell 1.

Faktabladet är utarbetat inom LTJ-fakultetens område Hortikultur ([www.microhort.se](http://www.microhort.se))

Projektet är finansierat av Partnerskap Alnarp, projekt 415 i samarbete med EcoFood

Projektansvarig/författare: Beatrix Alsanius; email: [beatrix.alsanius@slu.se](mailto:beatrix.alsanius@slu.se);

Enhet för Hortikulturell Mikrobiologi, Box 103. 230 53 Alnarp

Övrig publicering inom projektet: Ljungqvist J. 2012.

Comparison of two prototypes of vertical cropping systems.

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU.

<http://epsilon.slu.se>