



# Sortblandningar i svensk växt- produktion

Möjligheter och utmaningar

---

Velemir Ninkovic, Samuel Zander, Björn Andersson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU



# Sortblandningar i svensk växtproduktion

## Möjligheter och utmaningar

Velemir Ninkovic, <https://orcid.org/0000-0001-9276-7169>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

Samuel Zander, <https://orcid.org/0009-0003-2023-295X>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Ekologi

Björn Andersson, <https://orcid.org/0000-0002-7756-6534>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi,

<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet
<b>Utgivningsår:</b>	2025
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Omslagsbild:</b>	Cajsa Lithell
<b>ISBN (tryckt version):</b>	978-91-8046-596-0
<b>ISBN (elektronisk version):</b>	978-91-8046-595-3
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.54612/a.7flq1m60ai">https://doi.org/10.54612/a.7flq1m60ai</a>
<b>Nyckelord:</b>	Sortblandningar, Skadeinsekter, Sjukdomar, Avkastning, Sverige, Danmark

© 2025 (Velemir Ninkovic, Samuel Zander, Björn Andersson)

Detta verk är licenserat under CC BY ND 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

## Sammanfattning

Odling av sortblandningar har flera fördelar, såsom att minska angrepp från skadeinsekter och växtpatogena svampar. Detta kan i sin tur reducera behovet av kemiska bekämpningsmedel. Olika sorter har olika krav på odlingsförhållanden, såsom vatten- och näringstillgång. Odling av sortblandningar kan medverka till att öka skörden och göra skördenivån mer stabil över tid genom att bättre kunna kompensera för till exempel varierande jordar och klimatförhållanden där ett bättre resursutnyttjande ger en mer hållbar odling och en minskad belastning på miljön. Att odla olika sorter i blandning kan bidra till att främja den biologiska mångfalden i odlingssystemet och skapa bättre förutsättningar för ekosystemtjänster, såsom pollinering och naturlig bekämpning av skadedjur och växtsjukdomar. I livsmedelsproduktionen kan sortblandningar användas för att skapa en slutprodukt med en bredare variation av egenskaper, såsom olika smakprofiler, texturer eller näringsinnehåll som kan öka attraktionskraften för vissa konsumentgrupper eller specifika marknader. Det finns dock en del hinder för en ökad odling av sortblandningar i Sverige. Odlarna behöver tillgång till tydlig information om vilka sortblandningar som fungerar samt möjligheten att köpa färdigblandat utsäde eller få instruktioner för att själva blanda eget utsäde. Trots teorier kring de mekanismer som orsakar sortblandningars effekter på skadegörare och skördenivå finns det många frågetecken när det gäller att med precision förutspå hur blandningar av sorter och miljöer interagerar. Här är det viktigt att ta fram evidensbaserad kunskap kopplad till tillämpning. För att öka intresset för sortblandningar i Sverige krävs också att intressenter aktivt främjar och underlättar odlingen, likt det arbete som danska myndigheter och utsädesföretag har genomfört.

Förslag till åtgärder:

- Kunskapsspridning till lantbrukare och lantbruksrådgivning kring sortblandningars möjligheter men också om befintliga begränsningar från olika intressenter inom lantbruk, så som myndigheter och företag.
- Öka kunskapen kring vilka sorter som lämpar sig för blandning under svenska förhållanden genom fältförsök och insamling av praktisk erfarenhet.
- Forskning om underliggande mekanismer för att ta fram riktlinjer kring sortblandningars sammansättning.
- Växtförädling för att ta fram sorter vars egenskaper passar för sortblandning.
- Utveckling av odlingssystem där sortblandningar ingår.
- Underlätta certifieringen av sortblandat utsäde genom snabbare analysmetoder.
- Möjlighet att certifiera sortblandningar.

- *Nyckelord:* Sortblandningar, Skadeinsekter, Sjukdomar, Avkastning, Sverige, Danmark

## Abstract

The cultivation of diverse varietal mixtures offers several advantages, including the potential to mitigate damage caused by insect pests and plant pathogenic fungi. This, in turn, leads to a reduction in the reliance on chemical pesticides. Different varieties have distinct requirements for optimal growing conditions, including water and nutrient availability. Growing variety mixtures can increase yields and make yield levels more stable over time by better compensating for varying soil and climatic conditions. This better utilisation of resources provides a more sustainable crop production with a reduced burden on the environment. Growing of diverse varieties in a mixture can promote biodiversity within the cropping system, thereby improving conditions for ecosystem services such as pollination and natural control of pests and diseases. In food production, varietal mixtures can be used to create a product with a wider broader range of characteristics, such as diverse flavour profiles, textures, or nutritional content, enhancing their appeal to specific consumer groups or markets. However, there are some barriers to an increased cultivation of varietal mixtures in Sweden. Farmers need access to clear information about which varietal mixtures that works and the opportunity to purchase ready-mixed seed or receive instructions on how to mix own seed. Despite theories regarding the mechanisms behind the effects of variety mixtures on pests and yields, many uncertainties remain about predicting how variety mixtures and environments interact. To increase greater interest in variety mixtures in Sweden, stakeholders need to actively promote and facilitate cultivation, as has already been done by Danish authorities and seed companies.

Proposed measures:

- Knowledge dissemination to farmers and agricultural advisors regarding the opportunities and limitations of variety mixtures from various stakeholders in agriculture, such as authorities and companies.
- Increase knowledge about which varieties are suitable for mixing under Swedish conditions through field trials and the collection of practical experience.
- Research on the underlying mechanisms to develop guidelines for the composition of variety mixtures.
- Development of cropping systems involving varietal mixtures.
- Facilitate the certification of variety-mixed seed through faster analysis methods.
- The possibility to certify variety mixtures.

*Keywords:* Varietal mixture, Insects Pest, Disease, Yield. Sweden, Denmark

## Förord

Regeringen har genom Livsmedelsstrategin specificerat att Växtskyddsrådet, under ledning av Jordbruksverket, ska arbeta för att uppnå ett hållbart växtskydd.

Denna sammanställning är framtagen efter initiativ från Växtskyddsrådet och är ett led i Växtskyddsrådets uppdrag att stödja implementeringen av Livsmedelsstrategin. De i rådet ingående organisationerna kan trots detta ha avvikande inställning till slutsatser som framkommer i rapporten, och Växtskyddsrådet som helhet kan därför inte per automatik betraktas gemensamt stå bakom innehållet.

Sveriges lantbruksuniversitet är huvudansvarig för denna sammanställning. Underlaget är framtaget av Velemir Ninkovic, Samuel Zander och Björn Andersson.

<b>Figurförteckning .....</b>	<b>8</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>10</b>
1.1 Syfte .....	10
1.2 Arbetets omfattning och avgränsningar.....	10
1.3 Definitioner.....	11
<b>2. Kort historik kring sortblandningar i växtodling .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Hur påverkar odling av sortblandningar förekomsten av växtskadegörare? .</b>	<b>13</b>
<b>4. Hur påverkar sortblandningar växtsjukdomar och vilka är de underliggande mekanismerna?.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Hur påverkar sortblandningar skadeinsekter? .....</b>	<b>16</b>
<b>6. Sortblandningars effekt på närvaron och mångfalden av naturliga fiender till skadedjur.....</b>	<b>18</b>
<b>7. Sortblandningars effekt på markens näringsinnehåll och struktur, samt mikrobiell mångfald och aktivitet .....</b>	<b>19</b>
<b>8. Växtförädling och sortblandning.....</b>	<b>21</b>
<b>9. Sortsammansättning i blandningar .....</b>	<b>23</b>
<b>10. Hur påverkar sortblandningar avkastningen och kvaliteten på grödorna? ....</b>	<b>25</b>
<b>11. Integrering av sortblandningar och dess effekter på skadedjursbekämpning och växthälsa i IPM .....</b>	<b>26</b>
<b>12. Problem med skadedjur eller växtsjukdomar som kan förvärras genom odling av sortblandningar .....</b>	<b>27</b>
<b>13. Lagar och regler för användning av sortblandningar .....</b>	<b>28</b>
<b>14. Utsädeshandelns syn på sortblandningar .....</b>	<b>29</b>
<b>15. Hur ser tillämpningen av sortblandningar ut i andra länder? .....</b>	<b>30</b>
<b>16. Vilka möjligheter och hinder finns för implementering av sortblandningar? .</b>	<b>33</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>35</b>
<b>Bilaga.....</b>	<b>43</b>



# Figurförteckning

Figur 1 Veteodling i Danmark (data ur (Vestergaard & Jørgensen 2024)). .....	31
--	----



# Förkortningar

AUDPC	Area Under Disease Progress Curve
IPM	Integrated Pest Management

# 1. Inledning

Bakgrunden till minskade problem med växtskadegörare vid odling av sortblandningar är väl förankrad i ekologisk teori. Epidemier av växtsjukdomar och stora skador av insekter är relativt ovanliga i naturliga ekosystem, vilket är en återspeglning av den balans som kommer från samevolution av skadegörare och värdväxter. I det moderna jordbruket har detta satts ur spel genom odlingssystem baserade på monokulturer av ett fåtal grödor som förlitar sig på effektiva växtskyddsmedel och en växtförädlingsindustri som tar fram sorter med nya resistensgener. Dessa odlingssystem är beroende av insatser av externa produktionsmedel som kan medföra ekologiska och miljömässiga problem. Genom odling av sortblandningar kan man till viss del återställa diversiteten på åkern, och på detta sätt uppnå en förbättrad hållbarhet utan att öka insatsen av produktionsmedel i form av växtnäring och växtskyddsmedel.

## 1.1 Syfte

Syftet med rapporten är att ta fram underlag för att bedöma hur hållbarheten i växtskyddsarbetet kan öka genom att odla sortblandningar i samma fält.

## 1.2 Arbetets omfattning och avgränsningar

Odling av sortblandning (odling av olika sorter av en gröda på samma fält) och samodling (odling olika grödor på samma fält) är två sätt att öka variationen inom fält i växtodling. Under svenska förhållanden har samodling ett annat syfte än sortblandning, och kopplingen till förekomst av skadedjur och sjukdomar är mera komplicerad. Samodling innebär också andra odlingstekniska utmaningar jämfört med sortblandning. I denna rapport har vi därför valt att enbart ta upp odling av sortblandning och dess effekter på växtskadegörare.

## 1.3 Definitioner

Sortblandningar definieras som blandningar av sorter av en gröda som sätts samman för att variera med avseende på olika egenskaper, men som är tillräckligt lika för att kunna odlas tillsammans. Sorter som används i blandningen måste ha goda agronomiska egenskaper och bör vara fenotypiskt likartade i fråga om viktiga egenskaper, till exempel mognadstid. Det kan också finnas specifika kvalitetskrav beroende på avsedd användning. Rätt sammansatta kan sortblandningar öka avkastningsstabiliteten och minska användningen av växtskyddsmedel utan att medföra några större förändringar i dagens mekaniserade odlingssystem.

Samodling innebär att två eller fler arter odlas på samma fält under större delen av odlingssäsongen. Ett vanligt exempel på samodling är vall där flera gräsarter odlas tillsammans med baljväxter, till exempel klöver. Utöver att valet av grödor kan variera kan samodlingen även variera i hur grödorna sås på fältet. Det kan vara i rader, bredare band eller blandat. Den mest utbredda samodlingen i Sverige är vall, men det förekommer även odling av blandsäd och samodling av baljväxter och spannmål för grönfoderskörd (Jordbruksverket 2024; Manevska-Tasevska et al. 2024).

## 2. Kort historik kring sortblandningar i växtodling

Sedan jordbrukets uppkomst för 10 000 år sedan har de grödor vi människor odlat utsatts för ett medvetet eller omedvetet urval, men genom Georg Mendels berömda upptäckter kring växters genetik kunde växtförädlare under det förra seklet börja att målmedvetet ta fram rena sorter av våra lantbruksgrödor. Denna utveckling har lett till en ökad produktionspotential, men också till en minskad diversitet i odlingslandskapet som i sin tur har konsekvenser för bland annat växtsjukdomsepidemier.

Studier på sortblandningar har gjorts sedan 1930-talet (Frankel 1939). Fram till början av 2000-talet var studierna mestadels inriktade på hur olika interaktioner mellan sorter odlade i blandning kunde minska effekten av svampsjukdomar (Wolfe 1985; Karjalainen 1986; Manthey & Fehrmann 1993; Garrett & Mundt 1999). Senare har dock mera fokus lagts på sortblandningars effekt på skadeinsekter och framför allt på deras effekt på avkastning och avkastningsstabilitet. (Kiær et al. 2009; Grettenberger & Tooker 2015; Creissen et al. 2016; Borg et al. 2018; Dahlin et al. 2018, 2020; Reiss & Drinkwater 2018; Vidal et al. 2020). Det finns många exempel där sortblandningar har nyttjats både inom kommersiellt jordbruk och självhushållningsjordbruk (Wolfe 1985; Smithson & Lenné 1996; de Vallavieille-Pope 2004). Sedan 2020 har intresset för sortblandningar ökat i Norden (Vestergaard & Jørgensen 2024) efter att en analys av danska sortförsök visade på en genomsnittlig skördeökning av höstvetete i sortblandningar (Kristoffersen et al. 2020b).

### 3. Hur påverkar odling av sortblandningar förekomsten av växtskadegörare?

Växtsjukdomar och skadegörare orsakar stora skador i växtodlingen inom lantbruk, och för att undkomma dessa förluster utnyttjas resistent sorter och växtskyddsmedel. Pesticider är viktiga verktyg för att uppnå hög och stabil avkastning i växtodlingen, men användningen av växtskyddsmedel är kontroversiell på grund av dess miljörisker. Ett sätt att minska behovet av växtskyddsmedel är att på olika sätt försämra möjligheterna för sjukdomar och skadegörare att etablera sig. IPM (Integrated Pest Management) är ett vedertaget begrepp inom växtskydd, som innebär att angrepp av växtskadegörare i första hand skall förebyggas. Bekämpning ska endast ske när de förebyggande åtgärderna inte är tillräckliga. Sortblandningar skulle kunna vara en del av olika IPM-strategier genom deras förmåga att minska angrepp av växtpatogener och skadeinsekter (Zhu et al. 2000; Glinwood et al. 2009).

Resistens mot växtskyddsmedel är ett växande problem. Resistens uppstår när skadegörare (svampar och insekter) och ogräs utvecklar mekanismer för att motstå effekterna av växtskyddsmedel. Vid användning av växtskyddsmedel utsätts målpopulationen för ett mycket starkt selektionstryck där ”individer” med en lägre känslighet för den använda pesticiden får en konkurrensfördel som gör att dessa individer kan ta över och dominera populationen. Om andelen resistent individer blir tillräckligt stor medför detta att effekten av bekämpningen minskar eller till och med helt uteblir (Hawkins et al. 2019). Växtpatogener kan även på liknande sätt bryta sorters sjukdomsresistens. På samma sätt som för pesticidresistens får individer som kan gå förbi en specifik sorts genetiska sjukdomsresistens en stor konkurrensfördel. Genom att blanda in mottagliga sorter ges icke-virulenta individer av patogenen möjlighet till spridning och kan därmed fördröja att sorters resistens bryts (Grettenberger & Tooker 2015). Alternativt kan man blanda sorter med olika resistensmekanismer (resistensgener) men detta befaras kunna öka risken för selektion av komplexa raser av växtskadegörare som kan övervinna flera resistensgener (Huang et al. 1994). Det minskade infektionstrycket på grödan som kan uppnås med sortblandning skulle alltså kunna fördröja utveckling av pesticidresistens och bidra till att skydda resistensgener.

## 4. Hur påverkar sortblandningar växtsjukdomar och vilka är de underliggande mekanismerna?

Teorin bakom sortblandningars fördelar utgår från skillnaderna mellan egenskaper hos de ingående sorterna. I litteraturen beskrivs främst fyra distinkta mekanismer för sjukdomsreduktion med hjälp av sortblandningar:

1. **Minskad täthet av mottagliga plantor** ger lägre sjukdomsangrepp i ett bestånd av blandade sorter eftersom patogenpopulationen har färre mottagliga plantor att angripa jämfört med ett bestånd av enbart mottagliga plantor (Wolfe 1985; Finckh et al. 2000). Sannolikheten för att en spor landar på mottaglig vävnad minskar i proportion till tätheten av mottagliga växter, dvs. i proportion till det ökade avståndet mellan mottagliga växter. (Lannou et al. 2005)
2. **Barriäreffekten** innebär att spridningen av patogener mellan mottagliga värdar förhindras genom att sortblandning skapar en barriär av resistent plantor mellan de mottagliga plantorna.
3. **Inducerad resistens** inträffar när en avirulent patogen aktiverar resistens hos plantan som även skyddar mot en annan patogen eller en annan ras av samma patogen som normalt skulle kunna infektera (Calonnec et al. 1996; Finckh et al. 2000).
4. **Konkurrens mellan patogener** genom att en blandning av värdväxter leder till att patogener konkurrerar med varandra om värdvävnad att etablera sig i (Ohtsuki & Sasaki 2006; Mikaberidze et al. 2015).

Minskad täthet och barriäreffekten är båda mekanistiska faktorer som kan försena sjukdomsförlopp och minska skördeförluster orsakade av växtsjukdomar. Effekten av dessa faktorer är beroende på exempelvis sporspridningsgradient, lesionstillväxt, latenstid och plantstorlek (Finckh & Wolfe 2006). Effekten på spridning och förekomst förstärks om sorterna i blandningen är mottagliga för olika patogener eller raser av samma patogen (rasspecifik resistens). Enligt Calonnec et al (1996) kan så mycket som en tredjedel av sjukdomsminskningen bero på inducerad resistens, och genom att blanda sorter med motståndskraft mot olika sjukdomar går det att minska angreppen av flera sjukdomarna i mottagliga sorter i en sortblandning (Cox et al. 2004).

Baserat på dessa mekanismer har modellering visat att patogener som sprids med vind, orsakar begränsade vävnadsskador, har flera generationer per odlingssäsong och har en hög värdväxtspecificitet är de som effektivast kan förebyggas genom odling av sortblandningar (Garrett & Mundt 1999; Mundt 2002). Exempel på detta är gräsmjöldagg orsakad av *Blumeria graminis* och rost (*Puccinia* spp) medan exempelvis angrepp av svartpricksjuka (*Zymoseptoria tritici*) inte borde påverkas av sortblandning i samma utsträckning, enligt Garrett & Mundt (1999). Studier som undersökt sortblandningars påverkan på sjukdomsangrepp stöder delvis detta. Effekten av sortblandning har i många studier visat god effekt på den vindspridda svampen *Puccinia striiformis* som orsakar gulrost (Huang et al 2012), men motsatt till modelleringen av Garrett & Mundt (1999) visar bland annat danska fältförsök även på minskningar av angrepp av svartprickssjuka (Kristoffersen et al 2020b). Även svenska försök i höstvete (L9-1151) och vårkorn (L9-4051) visar på möjligheten att minska sjukdomsangrepp och öka odlingssäkerheten (Sverigeförsöken 2024). Den huvudsakliga egenskapen som bestämmer effekten av sortblandning på sjukdomsangrepp är de ingående sorternas resistens, där resistent sorter kan skydda sorter med önskade odlingsegenskaper men med svag motståndskraft mot sjukdomar.

Generellt är sortblandningar oftast mindre effektiva mot jordburna sjukdomar, som till exempel stråknäckare orsakad av *Oculimacula yallundae* (Mundt et al. 1995). Blandningar av vetesorter har visat sig förbättra bekämpningen av jordburna virus-sjukdomar, till exempel vetemosaikvirus som sprids av svampen *Polymyxa graminis* (Hariri et al. 2001).

## 5. Hur påverkar sortblandningar skadeinsekter?

Studier visar att ökad växtdiversitet minskar problem med skadeinsekter (Tahvanainen & Root 1972; Root 1973; Andow 1991; Thies et al. 2003; Poveda et al. 2008; Barbosa et al. 2009; Letourneau et al. 2011). Detta kan förklaras av att en större mångfald av växtarter kan reducera populationer av växtskadegörande insekter genom att göra det svårare för dem att hitta en lämplig värd (Tahvanainen & Root 1972; Denno & McClure 1983; Herrera 2009), medan monokulturer erbjuder homogena och koncentrerade resurser som underlättar för specialiserade skadeinsekter att hitta rätt värdväxt. Trots framsteg inom forskningen är vår förståelse för hur växtvariationen påverkar insekter fortfarande begränsad. Även om effekter av växtdiversitet på insektspopulationer är belagd, varierar dock effekten av sortblandningar för skadedjursbekämpning och avkastning i fält. För att sortblandningar ska ge en bra effekt på växtätande insekter måste den vara noggrant sammansatt med sorter som betydligt skiljer sig i motståndskraft mot skadeinsekter, eller som kan påverka varandra för att bli mindre attraktiva för skadeinsekter.

Det finns flera exempel på intraspecifik variation i växters försvar mot växtätare som kan utnyttjas vid sammansättningen av sortblandningar. En blandning av mottagliga och resistent potatisgenotyper ledde till en 20 % minskning av larvöverlevnad och en 34 % minskning av äggläggning hos coloradoskalbaggar. Dessa effekter var starkare i parceller med blandade genotyper jämfört med i parceller med resistent sorter i renbestånd (Wetzel et al. 2018). Att kombinera resistent och mottagliga vetesorter i sortblandningar har visat sig vara ett effektivt sätt att minska bladlusangrepp jämfört med rena sorter. Sortblandningarna gav i försök konsekvent högre skördar och tusenkornvikter (Duan et al. 2022). Den fenotypiska variation som följer av ökad mångfald kan förbättra associativ resistens genom att minska skadeinsekternas upptäckt av värdväxter i sortblandningar. En svensk studie visade betydande mindre bladluspopulationer i sortblandningar av korn jämfört med monokulturer av korn, en effekt som orsakades av interaktioner mellan växterna orsakade av utbyte av flyktiga ämnen (Dahlin et al. 2018). Dessa interaktioner mellan sorter inducerar respons i växterna, vilket förändrar deras utsöndring av flyktiga substanser med en repellerande effekt på bladlöss (Kheam et al. 2024). Interaktionerna försämrar dessutom växternas näringsvärde för bladlöss vilket i sin tur minskar



lössens tillväxt och reproduktion (Kheam et al. 2023). Shoffner & Tooker (2013) har visat högre halter av flyktiga organiska föreningar som kan bidra till att avskräcka bladlöss i sortblandningar av höstvet, vilket resulterade i mindre populationer. En metaanalys där många växtarter ingår visade att antalet skadegörare i genomsnitt är lägre i sortblandningar jämfört med monokulturer (Koricheva & Hayes 2018).

Det rumsliga arrangemanget av sorter med olika växtegenskaper kan avsevärt påverka skadeinsekters beteende och överlevnad (Hauri et al. 2021). Skador från insektslarver förekom mera samlade vid odling av sortblandningar än i monokulturer, oavsett mångfaldsmönster, vilket visar att kemisk mångfald påverkar födosöksbeteendet hos växtätare. När sorterna grupperades (låg rumslig frekvens) minskade ätskadorna med 25 %, och växtätarnas överlevnad halverades jämfört med helt blandade sortblandningar (varannan planta av olika sorter) eller monokulturer. Dessa resultat tyder på att sorters rumsliga fördelning bör anpassas till skalor som är relevanta för olika insekters förflyttningsmönster.

Vissa interaktioner mellan växter och insekter sker genom gen-för-genmekanismer, vilket påminner om många växtpatogensers samspel med värdväxten. Ett exempel är Mi-1-genen i tomat, som ger resistens mot vissa populationer av potatisbladlus (*Macrosiphum euphorbiae*) och silverbladig vitfluga (*Bemisia tabaci*) (Rossi et al. 1998; Nombela et al. 2003). På samma sätt bidrar Vat-genen i meloner till ökad resistens mot bomullslus (*Aphis gossypii*) och minskar spridningen av virus som överförs av denna bladlus (Dogimont et al. 2009).

Sammantaget visar detta på att användningen av sortblandningar har potential att vara en hållbar metod för skadedjursbekämpning inom jordbruk.

## 6. Sortblandningars effekt på närvaron och mångfalden av naturliga fiender till skadedjur

Effekterna av sortblandningar på naturliga fiender kan manifesteras sig direkt (Grettenberger & Tooker, 2017), genom öknings i förekomsten och artrikedomen av skadeinsekter (Moreira & Mooney 2013; Abdala-Roberts et al. 2016) eller via egen-skapsmedierade indirekta effekter (Johnson et al. 2006; Jones et al. 2011; Ninkovic et al. 2011).

Koricheva och Hayes (2018) visade att sortblandningar hade starkare påverkan på förekomst av predatorer och parasitoider än på skadeinsekter. De visade också att förekomsten av naturliga fiender inte är direkt beroende av skadeinsektspopulationens nivåer i sortblandningar. Detta tyder på att faktorer utöver de sorter som ingår i blandningen kan ha en avgörande roll, till exempel variation i växters doftsignaler och struktur kan attrahera fler naturliga fiender. Flyktiga ämnen från specifika sorter kan förändra doftprofil i en sortblandning, vilket lockar fler nyckelpigor redan innan bladlöss uppträder i fältet (Ninkovic et al., 2011). Det har exempelvis visats att blandningar av resistenta och mottagliga potatissorter kraftigt reducerade angreppen av koloradoskalbaggar (Wetzel et al. 2018). Sortblandningen påverkade dock inte predationsrisken, en effekt som observerades i monokulturer med både resistenta och mottagliga sorter. Detta resultat tyder på att sortblandningen interagerade icke-additivt med predationsrisken, vilket innebär att växtmångfalden förändrade samspelet mellan rovdjur och byte genom att påverka skalbaggaras respons på predatorer

## 7. Sortblandningars effekt på markens näringsinnehåll och struktur, samt mikrobiell mångfald och aktivitet

Effekter av sortblandningar i marken är inte lika välstuderade som ovanjordiska effekter. Endast ett fåtal studier har undersökt sortblandningarnas inverkan på växtskadliga nematoder, och enstaka av dessa har genomförts i grödor som är relevanta för svenskt jordbruk. Resultatet varierar från ingen effekt i peppar (Djian-Caporlino et al. 2014) till att blandningar av mottagliga och resistent sojabönsorter presterar bättre än mottagliga monokulturer (Anand et al. 1995). Dessutom har sortblandningar av banan och sockerrör visat sig förändra sammansättningen av växtskadliga nematoder, vilket leder till en ökad dominans av mindre skadliga nematoder (Cadet et al. 2007; Quénéhervé et al. 2011).

Det finns också studier som har undersökt effekten av sortblandningar på mikroorganismer och det har visats att sortblandningar kan påverka sammansättningen av bakteriesamhällen i rotzonen (Jia et al. 2024). Studien visar att sortblandningar av majs bidrar till ett friskare och mer funktionellt bakteriesamhälle i rhizosfären, med en anmärkningsvärd ökning av nyttiga bakteriegrupper som Bacteroidia och viktiga familjer som Chitinophagaceae. Detta gynnar i sin tur växternas näringsupptag och avkastning. Resultaten indikerar att sortblandningar kan vara en effektiv strategi för att öka jordbrukets produktivitet genom att främja gynnsamma mikrobiella samhällen i marken (Domeignoz-Horta et al. 2024). Det har också visats att sortblandningar kan öka kväveomsättningen i rhizosfären (dvs nitrifikation, denitrifikation och nitratreduktion) (Miao et al. 2024).

Resultaten från det nyligen avslutade EU-finansierade projektet EcoStack <https://ecostack-h2020.eu/> visade att förekomsten av nematoder varierade avsevärt mellan de olika studieåren. Det är därför inte möjligt att dra några generella slutsatser, annat än att sortblandningar kan påverka förekomsten av bakterie- och allätande jordnematoder, vilka är viktiga för nedbrytningen och näringstillgången i jorden.

Sortblandningars påverkan på markens näringsinnehåll är ett område som ännu inte är välstuderat. En studie av Yang et al. (2019) visade dock att en ökad diversitet av

potatissorter var associerad med högre nivåer av kväve och kol i marken, vilket också bidrog till en ökad mikrobiell diversitet. Däremot observerades inget samband mellan sortdiversiteten och nivåerna av kalium eller fosfor i marken.

## 8. Växtförädling och sortblandning

Våra odlade grödor är ett resultat av ett noggrant urval som huvudsakligen har fokuserat på hög avkastning i monokultur (Finckh 2008). Som tidigare nämnts finns det många argument för att öka diversiteten i växtproduktionen, men ett mekaniserat jordbruk begränsar variationen i de grödegenskaper som kan kombineras (Wuest et al. 2021).

Odling av sortblandningar är ett viktigt verktyg för att skydda sorters sjukdomsresistens genom att förbättra hållbarheten hos rasspecifika resistensgener via en ökad genetisk diversitet på åkern (Wolfe 1985; Brown 2015). Ett sätt att öka hållbarheten hos resistensgener är att införliva flera sådana gener i en enskild sort (Mundt 2018). Detta är dock tidskrävande och kan leda till en försämring av sortens agronomiska egenskaper på grund av kopplade alleler (Wuest et al. 2021). Att odla sorter i blandning kan i princip jämföras med att kombinera flera resistensgener i en sort. Sortblandningar kan dessutom fungera som ett sätt att dynamiskt hantera genetiska resurser (Balfourier et al. 1994). Förutom att kunna skydda resistensen hos sorter har forskning visat att sortblandningar kan resultera i lägre sjukdomsangrepp än genomsnittet för de ingående sorterna (Zhu et al. 2000; Huang et al. 2012; Kristoffersen et al. 2020b).

En utökad kunskap om de specifika egenskaperna bakom olika sortkombinationers effekter på skadegörare och skördenivå skulle kunna utnyttjas inom växtförädling för att ta fram sorter anpassade till användning i blandning. Både fenotypiska egenskaper som planthöjd och mognadstid, samt genetiskt baserad resistens mot skadegörare skulle kunna vara exempel på önskvärda karaktärer. När de mekanismer eller specifika egenskapskombinationer som ger positiva effekter vid odling i blandningar har identifierats blir det enklare att välja sorter som ökar avkastningen, förbättrar avkastningsstabiliteten, minskar skadegörarangrepp och som stödjer andra ekosystemtjänster (Barot et al. 2017). Genom att identifiera viktiga nischdimensioner, såsom näringsbehov, markegenskaper eller interaktioner med skadegörare, kan växtförädlingsprogram implementera nya strategier. Ett exempel är att dela upp förädlade populationer som representerar olika punkter längs nischaxeln i fält, vilket möjliggör lokal anpassning för att selektera egenskaper som kompletterar varandra inom dessa populationer (Kopp et al. 2023). Denna "nischavel" hanterar även genotyp-miljöinteraktioner, vilka ofta betraktas som utmaningar, genom att

utnyttja dem för att gynna alternativa strategier som förbättrar samspelet mellan sorter i blandningar. Riktad selektion inom sådana delade populationer kan använda etablerade metoder för att uppnå lokal anpassning. Populationerna kan dessutom differentieras genetiskt, liknande hybridförädling, där grupper utvecklas separat före hybridisering, och moderna genomiska tekniker kan göra denna differentiering ännu mer effektiv (Technow et al. 2014; Zhao et al. 2015; Li et al. 2022) (Li et al. 2022; Technow et al. 2014; Zhao et al. 2015).

## 9. Sortsammansättning i blandningar

Det saknas en stabil vetenskaplig grund för att avgöra vilka specifika egenskaper hos sorter som gynnar eller missgynnar skördenivå och motståndskraft mot sjukdomar och skadeinsekter. En högre skörd i blandningar förklaras ofta med ett bättre nischutnyttjande (Barot et al. 2017) som härrör från funktionella skillnader (Barot et al. 2017) som ger variation i hur de väl olika sorterna är anpassade till rådande omständigheter. Väl anpassade sorter kan genom ökad tillväxt utnyttja det utrymme som sämre anpassade sorter inte kan använda, vilket i sin tur kan öka skörden jämfört med medelvärdet av de ingående sorterna (Borg et al. 2018). Variation i avkastning mellan sorterna i renbestånd tycks leda till en skördeökning relativt till sorternas medelvärden (Kiær et al. 2009; Vidal et al. 2020). Detta förutsätter dock att sorterna i blandningen är högavkastande och att deras övriga egenskaper samspelar väl.

För att påverka sjukdomsangrepp är det viktigt att det finns skillnader i sjukdomsresistens mellan de ingående sorterna i blandningen. Hur stor andel resistent plantor som behöver ingå i blandningen varierar dock mellan studier. Vissa studier fann inget samband mellan proportionen resistent plantor och sjukdomsminskning (Kristoffersen et al. 2022), medan andra konstaterade ett linjärt samband mellan angreppsnivå och andelen resistens i grödan (Finckh et al. 2000). Manthey och Fehrman (1993) samt de Vallavieille-Pope (2004) rapporterade att ett 1:2 förhållande mellan känsliga och resistent sorter i blandningen ger god effekt på mjöldagg och rost i vete.

Kristoffersen et al. (2020b) fann att flera blandningar av mätarsorter i danska sortförsök gav en minskning av svartpricksjuka trots att blandningen enbart gjorts utifrån vanligt odlade sorter utan att beakta sortresistens. Minskade effekter av bladlusangrepp observerades i vissa blandningar av sorter som saknar resistens mot bladlöss (Dahlin et al., 2018). Att ta fram blandningar som minskar angrepp av bladlöss verkar dock vara mer komplext än att ta fram sortblandningar som minskar sjukdomsangrepp. Studier vid SLU har undersökt hur olika kombinationer av korn påverkar bladlöss och resultaten pekar på ett komplext samspel där sorterna i blandningen interagerar för att förändra flyktiga ämnen som avges från plantorna och inducerar försvar (Ninkovic et al. 2002; Dahlin et al. 2018; Kheam et al. 2023, 2024)

På grund av att antalet möjliga kombinationer ökar exponentiellt med antalet komponenter som ska ingå är det mycket resurskrävande att testa alla möjliga kombinationer i fältförsök. Verktyg för att utvärdera och identifiera sorters generella och specifika blandningslämplighet är därför av stor betydelse, och fältförsök är basen i detta arbete (Knott & Mundt 1990). Ett sätt att utvärdera hur olika blandningskomponenter fungerar tillsammans är att testa dem parvis för att kunna göra antaganden om individuella sorters lämplighet i olika blandningar (Mille et al. 2006).

Det är inte antalet sorter som bestämmer hur den optimala sortblandningen för att minska angrepp av skadegörare skall se ut. Det som är avgörande är den genetiska mångfalden, det vill säga antalet resistensgener som sorterna bidrar med. En större genetisk skillnad mellan sorterna innebär dock inte nödvändigtvis högre avkastning (Darras et al. 2015). Sorter med flera resistensgener kan antas bidra mera till grödans motståndskraft än sorter med bara en resistensgen. Dessutom har skadegörarens olika livscyklar betydelse för hur stor effekten blir (Leonard & Czochor 1980; Wolfe 1985; Mikaberidze et al. 2014).

För att undersöka effekten av andelen sjukdomsresistens i blandningar har studier gjorts där man bara använder en patogenras och två sorter där den ena är mottaglig och den andra resistent mot den specifika rasen. Dessa studier måste göras under kontrollerade förhållanden och är av begränsad praktisk nytta, men en tänkbar användning är att skydda en mottaglig sort med stora agronomiska värden genom inblandning av en resistent genotyp (Garrett & Mundt 1999). I fält kommer grödorna ofta att exponeras för en patogenpopulation som består av en blandning av raser, och en praktisk tillämpning kräver därför en mer komplex matris av värdgenotyper som är mottagliga för en eller flera patogenraser. I blandningar med sorter med olika resistens kan man förvänta sig att sjukdomsangreppen blir mindre med ett större antal blandningskomponenter (Garrett & Mundt 1999). Metaanalyser har också funnit samband mellan ökande antal sorter och avkastningsnivå och stabilitet (Kiær et al. 2009; Borg et al. 2018; Reiss & Drinkwater 2018; Huang et al. 2024).

Farhågorna om att fenotypisk mångfald skulle stå i konflikt med marknadens krav på enhetliga produkter är ofta överdrivna eller ogrundade (Mundt 2002; Newton et al. 2009). Utvecklingen av sortblandningar hämmas dock ofta av ett starkt fokus på negativa urvalskriterier, såsom att utesluta sortkombinationer med stora skillnader i mognadsdatum eller kvalitetsegenskaper, vilket gör processen mer komplicerad. En bredare mekanistisk förståelse av mångfaldens effekter skulle kunna förändra detta. Till exempel visar en nyligen genomförd metaanalys av experiment med vete-sortblandningar att studier från 1980-talet rapporterade relativt högre merskördar jämfört med senare studier. Detta beror troligen på att den tidigare forskningen fokuserade på sjukdomsbekämpande mekanismer, vilket resulterade i mer sjukdomsresistenta och produktiva blandningar (Borg et al. 2018).



## 10. Hur påverkar sortblandningar avkastningen och kvaliteten på grödorna?

Att sortblandningar påverkar skördenivån har varit känt länge (Wolfe 1985). Efter att Kiær (2009) med hjälp av metaanalys visade att sortblandningar ökade den genomsnittliga skörden, har fler sådana analyser genomförts. Sortblandningar tenderar att öka skörden jämfört med medelvärdet av de ingående sorterna, men resultaten visar stor variation (Borg et al. 2018; Reiss & Drinkwater 2018; Huang et al. 2024). Under år 2022/2023 var tre sortblandningar bland de tio högst avkastande sorterna i de danska sortförsöken (Vestergaard & Jørgensen 2024), och 1981 gav en sortblandning en rekordskörd i Skottland (Finckh et al. 2000). Det finns exempel där sortblandningar har avkastat mer än de ingående komponenterna i renbestånd (Smithson & Lenné 1996), men i de flesta studier jämförs de med medelvärdet av avkastningen från de ingående sorterna. En intressant observation är att minskningen av sjukdomsangrepp inte verkar ha ett direkt samband med skördeökningar (Smithson & Lenné 1996). Det finns alltså en direkt effekt på avkastningspotentialen av sortblandningar. En del i oviljan att implementera sortblandningar inom lantbrukssektorn är att de inte upplevs ge lika hög avkastning som de bästa sorterna i renbestånd. Det som inte beaktas i detta resonemang är hur de bästa avkastande sorterna varierar mellan plats och år (*sortval* u.å.) samt hur försök visar att blandningars avkastning är stabilare över tid (Finckh et al. 2000; Reiss & Drinkwater 2018).

Sortblandningars kvalitet är ett ämne som tas upp i många artiklar, men få studier har försökt kvantifiera deras kvalitetsegenskaper. Det finns en oro bland odlare och inköpare kring sortblandningars kvalitet (Wolfe 2000). Generellt kan man säga att kvalitetsegenskaperna hos sortblandningar varierar (Lazzaro et al. 2018), men flera kvalitetsegenskaper kan vara likvärdiga med eller bättre än hos sorterna i renbestånd (Sarandon & Sarandon 1995; Newton et al. 1998, 2008). Proteinhalten kan samvariera med proportionen av sorterna (Dai et al. 2012), men proteinhalten kan även bli högre än komponenternas genomsnitt (Sarandon & Sarandon 1995; Lazzaro et al. 2018). I specifika blandningar kan egenskaper vara sämre än komponenternas exempelvis jäsbarhet i maltkorn eller falltal i vete (Hoang et al. 2022), men ofta är bakningsegenskaperna jämförbara (Jackson & Wennig 1997). Det finns även en möjlighet att blandningar av sorter med olika näringsmässiga egenskaper kan leda till en slutprodukt med högre näringsmässig kvalitet (Snyder et al. 2020).

## 11. Integrering av sortblandningar och dess effekter på skadedjursbekämpning och växthälsa i IPM

Sortblandningar har goda förutsättningar att bli en viktig del av IPM-konceptet under förutsättning att färdigblandade sortblandningar eller ”recept” för egen blandning tas fram där goda effekter på sjukdomar, skadeinsekter och skördenivå har fastställts. Särskilt vid odling av grödor för foder eller industriella applikationer som stärkelse och etanol vore detta relativt okomplicerat, men det finns även potential för användning i humanlivsmedel. En begränsande faktor idag är bristen på kunskap om vilka sorter som bör blandas och vilka kriterier som ska ligga till grund för sådana blandningar.

Forskningen kring sortblandningar har främst fokuserat på svampsjukdomar i stråsäd. Särskilt rostsvampar och gräsmjöldagg har studerats (Mundt 2002), men även på andra svampar som angriper stråsäd har undersökts (Karjalainen 1986; Newton et al. 1997; Kristoffersen et al. 2020b). Trots stor variation i resultaten visar dessa försök tydliga fördelar med sortblandningar. Baserat på metastudier verkar effekten dock kunna skilja sig mellan olika grödor. Beträffande avkastning har både ris och majs visat på högre relativa skördeökningar än vete men med ett betydligt mindre underlag (Reiss & Drinkwater 2018; Huang et al. 2024). De mest imponerande resultaten av sortblandningar är de från studier på ris där exempelvis Zhu et al. (2000) visade på en minskning av rice blast *Magnaporthe grisea* med upp till 94% i de mottagliga sorterna.

Sortblandningars potential att minska angrepp av skadegörare och därmed minska behovet av växtskyddsmedel, tillsammans med möjligheten att använda dem som foder, tyder på att sortblandningar skulle kunna vara väl lämpade för ekologiska lantbrukare. En begränsande faktor är dock det lägre utbudet av ekologiskt utsäde, vilket innebär färre sorter att välja mellan jämfört med konventionell produktion. Detta kan försvåra sammansättningen av sortblandningar som möter specifika önskemål och behov (Ekologiska Lantbrukarna Personlig kommunikation).

## 12. Problem med skadedjur eller växtsjukdomar som kan förvärras genom odling av sortblandningar

Att sortblandningar skulle förvärra problem med förekomst av växtskadegörare är sparsamt rapporterat. Studier baserade på modellering tyder på att blandning av olika resistensgener kan främja utvecklingen av komplexa genotyper av växtpatogener som kan övervinna flera tillgängliga resistensgener (Lannou & Mundt 1997; Rimbaud et al. 2018). Försök från fält visar inte lika tydligt på denna negativa effekt (Mundt 2014).

I de flesta studier av sortblandningar är förekomsten av sjukdomar och insekter oförändrad eller mindre eller jämfört med de enskilda komponenterna (Wan et al. 2022). Effekten av sortblandningar varierar dock mellan olika år och platser och det finns exempel där sortblandningar har resulterat i större angrepp av växtskadegörare (Cowger & Mundt 2002; Huang et al. 2012; Grettenberger & Tooker 2020). Det är därför viktigt med mer forskning på området för att kunna bestämma vad denna variation beror på och hur den kan minskas. I specifika fall och specifika blandningar finns det en betydande risk för avkastningsförlust vilket ytterligare betonar vikten av att undersöka de underliggande processerna och att identifiera vilka blandningar som fungerar bäst i praktiken (Montazeaud et al. 2022).

Förekomsten av flera växtsorter kan ibland utgöra en kontinuerlig livsmiljö eller resurs för skadegörare, vilket i sin tur kan underlätta uppbyggnaden av specialiserade skadegörarpopulationer. Denna effekt kan uppstå om sorterna har liknande känslighetsprofiler, eller om skadegörare kan utnyttja olika sorter i följd (Andow 1991; Hambäck & Beckerman 2003; Underwood 2004).

## 13. Lagar och regler för användning av sortblandningar

När det gäller regelverk för hur sortblandningar ska vara sammansatta finns det inga specifika regler för Sverige. Här tar vi upp de danska kriterierna för att godkänna sortblandningar av vete som exempel. Tystofte Fonden, som ansvarar för att godkänna utsäde för försäljning i Danmark, ställer flera krav. Alla sorter i blandningar måste finnas på den danska sortlistan eller den gemensamma EU-sortlistan. Sorterna i blandningen skall underskrida tröskelvärden baserade på medelvärdet av de fem mest odlade sorternas motståndskraft mot fyra vanliga sjukdomar i vete. Sorterna får inte skilja sig för mycket i vissa egenskaper så som mognadstid (höst 5 dagar) och planhöjd (högst 15 cm). De måste ha en skördnivå på minst 95% av sortprövningens referenssortblandning under de senaste fem åren. Blandningen får endast bestå av tre eller fyra sorter där alla sorter ska utgöra lika stora delar av blandningens totala vikt (Vestergaard & Jørgensen 2024; Tystofte Fonden u.å.).

I Sverige finns det inga regler som begränsar lantbrukares möjlighet att blanda sorter för avsalu. Den svenska utsädesförordningen (SFS 2000:1330) liknar de danska reglerna men är inte lika detaljerad. En blandning av olika sorter av samma art kan certifieras om de enskilda komponenterna i blandningen var för sig uppfyller kraven enligt 8 § i utsädesförordningen (SFS 2000:1330). Svenska utsädesproducenter får marknadsföra en blandning av olika sorter, men en sortblandning kan inte registreras i sortregistret utan endast listas i förteckningar över tillgängligt utsäde. Det är alltid en enskild sort som registreras i sortregistret, och en blandning får bara bestå av enskilda sorter som är registrerade. Ett problem uppstår när olika förädlingsföretag inte tillåter att deras sorter blandas med sorter från andra företag (Jordbruksverket. Personlig kommunikation).

## 14. Utsädeshandelns syn på sortblandningar

Sortblandningar i vårkorn och höstvetete har varit en del av de svenska officiella sortförsöken sedan 2024 (Scandinavian Seed. Personlig kommunikation). En viktig anledning till att utsädesföretag efterfrågar ett större försöksunderlag är bristen på kunskap om odling av sortblandningar under svenska förhållanden. Utsädesföretag anser att certifieringen av de sorter som ingår i blandningen kan utgöra ett logistiskt problem. Detta påverkar dock inte lantbrukares möjlighet att själva blanda sorter.

I dagsläget är de begränsande faktorerna framför allt lagerhantering och certifieringsprocessen (tidsaspekten). För att sälja en sortblandning måste varje ingående sort certifieras innan blandningen kan ske. Detta innebär att partier av varje sort måste förvaras separat fram till dess att certifieringen är godkänd. Certifieringen medför även ökad arbetsbörda och kostnad, då det krävs mer arbete för att blanda olika sorter jämfört med att förpacka enskilda sorter separat. För höstsäd är tidsaspekten särskilt kritisk. Höstvetete skördas vanligtvis i augusti, och färdiga blandningar behöver finnas tillgängliga för sådd under första halvan av september. Ett sätt att hantera detta är att använda överlagrad skörd, vilket dock innebär ökade lagringskostnader (Scandinavian Seed. Personlig kommunikation). Blandandet kan vara ett problem i och med att det rör sig om så stora volymer som ska blandas. Dock finns det försök som visar på att jämn fördelning mellan sorterna över fältet inte nödvändigtvis är bättre än resultatet av en mera ojämn blandning (Newton & Guy 2009).

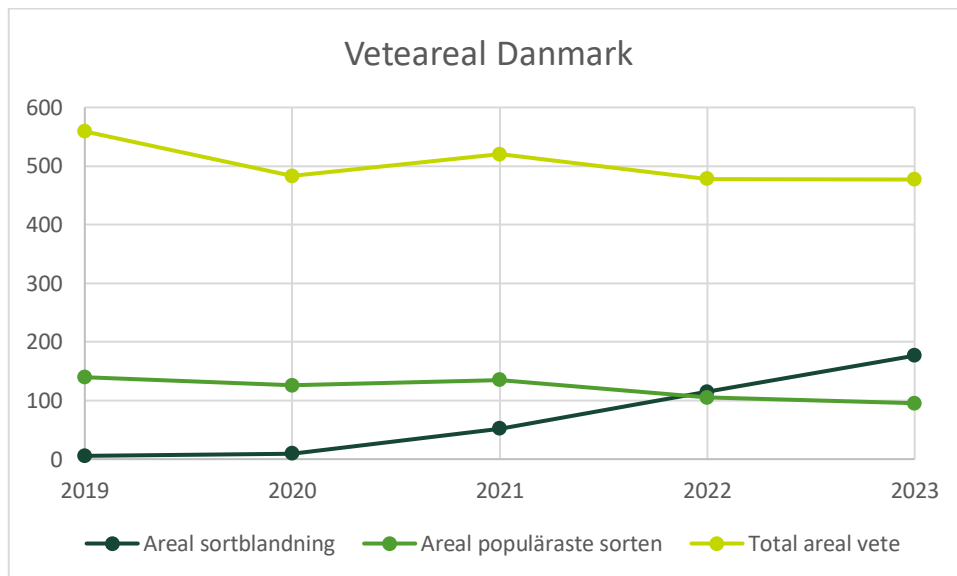
## 15. Hur ser tillämpningen av sortblandningar ut i andra länder?

Sortblandningar har tillämpats på flera platser runt om i världen (Finckh et al. 2000). Dock saknas information om sortblandningar i många statistikdatabaser, såsom Jordbruksverket, USDA, FAO. Detta gör det svårt att sammanställa en detaljerad och uppdaterad bild av hur odlingen ser ut idag. Det finns dock viss litteratur som nämner hur sortblandningar har implementerats i praktiskt jordbruk. Ett historiskt exempel är odlingen av korn i det forna Östtyskland, där arealen med korn i sortblandning ökade från 0 till 350 000 hektar mellan 1984 och 1990. Detta motsvarade cirka 92 % av den totala kornarealen under den perioden. Resultatet blev att förekomsten av mjöldagg minskade och användningen av fungicider reducerades med 80 %, samtidigt som en hög maltkvalitet bibehölls (Finckh et al. 2000; de Vallavieille-Pope 2004). Intresset för sortblandningar avtog dock i samband med återföreningen av Öst- och Västtyskland (Ostergard et al. u.å.). Även i Storbritannien odlades sortblandningar i korn och vete från slutet av 1970-talet, men odlingen minskade eftersom kvarnar och bryggerier inte ville ta emot blandad spannmål (Østergård & Fontaine 2006). Mellan 1994 och 1999 fanns en arbetsgrupp inom ett COST Action-projekt med forskare från flera länder i Europa och USA (*Cost Action 817* u.å.). De genomförde en informell enkät om samodling och sortblandningars utbredning i olika länder, och delar av deras arbete går att ta del av i Finch et al (2000).

I Schweiz introducerades under 1990-talet ett system som kallades Extensio som syftade till att minska den schweiziska överproduktionen av spannmål. Lantbrukare fick ersättning för att odla utan kemiska växtskyddsmedel, och eftersom bidraget var relativt stort odlades runt 60% av kornet och 35% av vetet inom ramarna av bidragskriterierna (Finckh et al. 2000). Sortblandningar kan minska behovet av pesticider (Kristoffersen et al. 2020a) och lämpade sig därför väl för odling inom Extensio, och som en följd av detta odlades 20% och 12% av korn respektive vetearealen i Schweiz som sortblandningar (Finckh et al. 2000).

Med bakgrund av en stor foderproduktion i spannmålsodlingen finns i Danmark en historia av sortblandningsodling. År 1979 tilläts för första gången utsädesföretag att sälja sortblandningar av vårkorn och mellan 1980 och 1997 odlades mellan 6–

15% av vårkornet som blandningar. I slutet av 1990-talet var dock trenden en minskning av sortblandningsodlingen troligen på grund av minskad blandningseffekt och att mer korn odlades för mältning än till djurfoder (Ostergard et al. u.å.). I början av 2010-talet utgjordes enbart 3–4% av vårkorns- och höstveterealen av sortblandningar (PlantComMistra u.å.). Odlingen av höstvetete som sortblandning har sedan dess ökat kraftigt och odlades 2023 på 37 % av höstveterealen i Danmark (Vestergaard & Jørgensen 2024).



Figur 1 Veteodling i Danmark (data ur (Vestergaard & Jørgensen 2024)).

En viktig orsak till ökningen är att sortblandningar finns med i de officiella danska sortförsöken och att färdiga sortblandningar marknadsförs av utsädesföretag (*Sort-Info* u.å.). Utöver detta har både myndigheter och handeln förespråkade odling av sortblandningar, vilket också har bidragit till den kraftiga ökningen av sortblandad veteareal (Vestergaard & Jørgensen 2024). En annan bidragande orsak detta är en sammanställning av 19 år av danska sortförsök som visar på skördeökningar vid odling av sortblandningar av höstvetete.

En skillnad mellan Sverige och Danmark är att det danska utsädet certifieras med TZ-analys (Lantmännen. Personlig kommunikation). TZ görs med hjälp av embryo-infärgning, och är en snabbare metod att bestämma utsädes vitalitet jämfört med det grobarhetstest som används för den svenska certifieringen. Att analysera grobarheten i Sverige kan ta flera veckor (Jordbruksverket. Personlig kommunikation) medan TZ-analysen tar ett till två dygn (Elias & Garay u.å.). Den snabbare certifieringsprocessen underlättar utsädesleverantörernas logistik och bidrar till öka deras villighet att satsa på att sälja och marknadsföra sortblandningar.

Den kanske viktigaste faktorn för den stora andelen sortblandning i Danmark är att en stor del av det danska vetet används till djurfoder, där kvalitetskraven är lägre än för kvarnvetet. Över 90% av vetet som odlas i Danmark går till djurfoder (Vestergaard & Jørgensen 2024), vilket innebär att lantbrukarna som odlar sortblandningar i Danmark inte behöver ta livsmedelssektorns krav på sortrenhet i beaktande vid val av utsäde. I Sverige är andelen av vetet som används till foder betydligt lägre. Under senaste fem åren har mellan en tredjedel upp till hälften av vetet som används i Sverige blivit djurfoder, medan resten blir livsmedel, utsäde eller används i industrier för etanolframställning.

Sammanfattningsvis har sortblandningar nyttjats i flera olika länder däribland vårt grannland Danmark. Som nämnts finns det skillnader mellan Sverige och Danmark som att mer spannmål går till foder som har lägre kvalitetskrav. Men det finns också möjliga tillvägagångssätt för att återskapa den ökning vi ser i Danmark genom ökad kunskapsspridning.



## 16. Vilka möjligheter och hinder finns för implementering av sortblandningar?

Odling av sortblandningar erbjuder flera fördelar som kan stärka hållbarhet och produktivitet i växtproduktionen. Sortblandningar kan fungera som en försäkring mot låg kvantitet och kvalitet i skörden tack vare skillnader i tillväxtmönster och mognad. De bidrar till effektivare användning av resurser, eftersom sorter med olika vatten- och näringskrav minskar konkurrensen inom fältet. Samtidigt gynnar de den biologiska mångfalden och stärker ekosystemtjänster som naturlig skadedjursbekämpning. För livsmedelsproduktion kan sortblandningar dessutom skapa produkter med varierade smakprofiler, texturer och näringsinnehåll, vilket ökar deras attraktionskraft på specialiserade marknader. Sortblandningar kräver ofta mindre insatser vad gäller bevattning, gödsling och växtskyddsmedel, vilket inte bara sparar resurser utan också minskar miljöpåverkan. Sortblandningar erbjuder en flexibel och hållbar strategi för att hantera sjukdomar, skadedjur och klimatvariationer, samtidigt som de bidrar till ökad resurseffektivitet och biologisk mångfald. Detta gör dem till ett värdefullt verktyg för framtidens jordbruk.

Faktorer som hindrar implementeringen av sortblandningar inom den svenska jordbrukssektorn är bland annat kopplade till kunskapsbrist och regulatoriska hinder. Odlingens likhet med välkomponerade sortblandningar i hög grad renbestånd och jämfört med andra metoder för diversifiering, såsom samodling, framstår sortblandningar som en praktiskt enkel lösning. Forskningen visar att odling av sortblandningar ofta leder till gynnsamma utfall, så som ökad skörd, ökad skördestabilitet och minskat behov av bekämpning mot skadegörare och visar därigenom på sortblandningars potential och skapar ett utrymme för fortsatt utveckling och anpassning till olika jordbruksförhållanden. Att sortblandningar är ett relativt litet forskningsområde i Sverige utgör ett hinder för spridningen av kunskap. För att resultaten ska nå lantbrukarna måste de först kommuniceras effektivt till rådgivare och utsädesproducenter.

Sortblandningar i Sverige är tillåtna, men det saknas tydlig information om vad som gäller och vilka kriterier som behöver uppfyllas. Även reglerna kring certifiering av utsäde kan begränsa utsädesproducenterna. Rent logistiskt kan det vara svårt att sätta samman och certifiera blandat utsäde, eftersom groningsanalyserna är mycket

tidskrävande. Om snabbare analysmetoder godkändes kunde sortblandningar av höstspannmål underlättas.

Om målet är att öka arealen där sortblandningar odlas, är kunskap en avgörande faktor. Sortblandningars potential och fördelar behöver kommuniceras till lantbrukare genom myndigheter och rådgivning. Samtidigt bör resurser satsas på forskning och fältförsök för att bättre förstå hur sortblandningar bidrar till de uppmätta fördelarna, men även för att identifiera vad som fungerar bäst i praktiken.

## Referenser

- Abdala-Roberts, L., Hernández-Cumplido, J., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D., Benrey, B. & Moreira, X. (2016). Effects of plant intraspecific diversity across three trophic levels: Underlying mechanisms and plant traits. *American Journal of Botany*, 103 (10), 1810–1818. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600234>
- Action 817 (u.å.). COST. <https://www.cost.eu/actions/817> [2024-11-17]
- Anand, S.C., Koenning, S.R. & Sharma, S.B. (1995). Performance of Blends of Soybean Cyst Nematode Resistant and Susceptible Cultivars. *Crop Science*, 35 (2), <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500020040x>
- Andow, D.A. (1991). Vegetational Diversity and Arthropod Population Response. *Annual Review of Entomology*, 36 (Volume 36, 1991), 561–586. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.003021>
- Balfourier, F., Charmet, G. & Grand-Ravel, C. (1994). Conservation of allelic multiplicity and genotypic frequency by pooling wild populations of perennial ryegrass. *Heredity*, 73 (4), 386–396. <https://doi.org/10.1038/hdy.1994.186>
- Barbosa, P., Hines, J., Kaplan, I., Martinson, H., Szczepaniec, A. & Szendrei, Z. (2009). Associational Resistance and Associational Susceptibility: Having Right or Wrong Neighbors. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40 (Volume 40, 2009), 1–20. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120242>
- Borg, J., Kiær, L.P., Lecarpentier, C., Goldringer, I., Gauffreteau, A., Saint-Jean, S., Barot, S. & Enjalbert, J. (2018). Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures: A meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps. *Field Crops Research*, 221, 298–313. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.006>
- Brown, J.K.M. (2015). Durable Resistance of Crops to Disease: A Darwinian Perspective. *Annual Review of Phytopathology*, 53 (Volume 53, 2015), 513–539. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-102313-045914>
- Cadet, P., Berry, S.D., Leslie, G.W. & Spaul, V.W. (2007). Management of nematodes and a stalk borer by increasing within-field sugarcane cultivar diversity. *Plant Pathology*, 56 (3), 526–535. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01553.x>
- Calonnec, A., Goyeau, H. & de Vallavieille-Pope, C. (1996). Effects of induced resistance on infection efficiency and sporulation of *Puccinia striiformis* on seedlings in varietal mixtures and on field epidemics in pure stands. *European Journal of Plant Pathology*, 102 (8), 733–741. <https://doi.org/10.1007/BF01877147>
- Cowger, C. & Mundt, C.C. (2002). Effects of Wheat Cultivar Mixtures on Epidemic Progression of Septoria Tritici Blotch and Pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology*, 92 (6), 617–623. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.6.617>
- Cox, C.M., Garrett, K.A., Bowden, R.L., Fritz, A.K., Dendy, S.P. & Heer, W.F. (2004). Cultivar Mixtures for the Simultaneous Management of Multiple

- Diseases: Tan Spot and Leaf Rust of Wheat. *Phytopathology*, 94 (9), 961–969. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.961>
- Creissen, H.E., Jorgensen, T.H. & Brown, J.K.M. (2016). Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes. *Crop Protection*, 85, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.001>
- Dahlin, I., Kiær, L.P., Bergkvist, G., Weih, M. & Ninkovic, V. (2020). Plasticity of barley in response to plant neighbors in cultivar mixtures. *Plant and Soil*, 447 (1), 537–551. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04406-1>
- Dahlin, I., Rubene, D., Glinwood, R. & Ninkovic, V. (2018). Pest suppression in cultivar mixtures is influenced by neighbor-specific plant–plant communication. *Ecological Applications*, 28 (8), 2187–2196. <https://doi.org/10.1002/eap.1807>
- Dai, J., Wiersma, J.J. & Holen, D.L. (2012). Performance of Hard Red Spring Wheat Cultivar Mixtures. *Agronomy Journal*, 104 (1), 17–21. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0123>
- Darras, S., McKenzie, R.H., Olson, M.A. & Willenborg, C.J. (2015). Influence of genotypic mixtures on field pea yield and competitive ability. *Canadian Journal of Plant Science*, 95 (2), 315–324. <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-253>
- Denno, R.F. & McClure, M.S. (1983). *Variable Plants and Herbivores in Natural and Managed Systems*. Academic Press.
- Djian-Caporalino, C., Palloix, A., Fazari, A., Marteu, N., Barbary, A., Abad, P., Sage-Palloix, A.-M., Mateille, T., Risso, S., Lanza, R., Taussig, C. & Castagnone-Sereno, P. (2014). Pyramiding, alternating or mixing: comparative performances of deployment strategies of nematode resistance genes to promote plant resistance efficiency and durability. *BMC Plant Biology*, 14 (1), 53. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-53>
- Dogimont, C., Bendahmane, A., Pitrat, M., Burget-Bigeard, E., Hagen, L., Menn, A.L., Pauquet, J., Rousselle, P., Caboche, M. & Chovelon, V., *Gene resistant to Aphis gossypii*. US7576264B2. (2009). <https://patents.google.com/patent/US7576264B2/en> [2024-11-18]
- Duan, X., Pan, S., Fan, M., Chu, B., Ma, Z., Gao, F. & Zhao, Z. (2022). Cultivar Mixture Enhances Crop Yield by Decreasing Aphids. *Agronomy*, 12 (2), 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020335>
- Elias, S. & Garay, A. (u.å.). OREGON STATE UNIVERSITY SEED LABORATORY.
- Finckh, M.R. (2008). Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture. *European Journal of Plant Pathology*, 121 (3), 399–409. <https://doi.org/10.1007/s10658-008-9273-6>
- Finckh, M.R., Gacek, E.S., Goyeau, H., Lannou, C., Merz, U., Mundt, C.C., Munk, L., Nadziak, J., Newton, A.C., De Vallavieille-Pope, C. & Wolfe, M.S. (2000). Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie*, 20 (7), 813–837. <https://doi.org/10.1051/agro:2000177>
- Finckh, M.R. & Wolfe, M.S. (2006). Diversification strategies. I: COOKE, B.M., JONES, D.G., & KAYE, B. (red.) *The Epidemiology of Plant Diseases*. Springer Netherlands. 269–307. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6\\_10](https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6_10)
- Frankel, O.H. (1939). Analytical yield investigations on New Zealand wheat: IV. Blending varieties of wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 29 (2), 249–261. <https://doi.org/10.1017/S0021859600051777>
- Garrett, K.A. & Mundt, C.C. (1999). Epidemiology in mixed host populations. *Phytopathology*, 89 (11), 984–990. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.11.984>

- Glinwood, R., Ahmed, E., Qvarfordt, E., Ninkovic, V. & Pettersson, J. (2009). Airborne interactions between undamaged plants of different cultivars affect insect herbivores and natural enemies. *Arthropod-Plant Interactions*, 3 (4), 215–224. <https://doi.org/10.1007/s11829-009-9072-9>
- Grettenberger, I.M. & Tooker, J.F. (2015). Moving beyond resistance management toward an expanded role for seed mixtures in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 208, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.019>
- Grettenberger, I.M. & Tooker, J.F. (2020). Cultivar mixtures of soybeans have inconsistent effects on herbivore and natural-enemy populations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, 106835. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106835>
- Hambäck, P.A. & Beckerman, A.P. (2003). Herbivory and plant resource competition: a review of two interacting interactions. *Oikos*, 101 (1), 26–37. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12568.x>
- Hariri, D., Fouchard, M. & Prud'homme, H. (2001). Incidence of Soil-borne Wheat Mosaic Virus in Mixtures of Susceptible and Resistant Wheat Cultivars. *European Journal of Plant Pathology*, 107 (6), 625–631. <https://doi.org/10.1023/A:1017980809756>
- Hauri, K.C., Glassmire, A.E. & Wetzel, W.C. (2021). Chemical diversity rather than cultivar diversity predicts natural enemy control of herbivore pests. *Ecological Applications*, 31 (3), e02289. <https://doi.org/10.1002/eap.2289>
- Hawkins, N.J., Bass, C., Dixon, A. & Neve, P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews*, 94 (1), 135–155. <https://doi.org/10.1111/brv.12440>
- Herrera, C.M. (2009). *Multiplicity in Unity: Plant Subindividual Variation and Interactions with Animals*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo8056079.html> [2024-11-18]
- Hoang, T.N., Kopecký, M. & Konvalina, P. (2022). WINTER WHEAT MIXTURES INFLUENCE GRAIN RHEOLOGICAL AND MIXOLAB QUALITY. *Journal of Applied Life Sciences and Environment*, 54 (4), 417–428. <https://doi.org/10.46909/journalalse-2021-036>
- Huang, C., Sun, Z., Wang, H., Luo, Y. & Ma, Z. (2012). Effects of wheat cultivar mixtures on stripe rust: A meta-analysis on field trials. *Crop Protection*, 33, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.020>
- Huang, R., Kranz, J. & Welz, H.G. (1994). Selection of pathotypes of *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* in pure and mixed stands of spring barley. *Plant Pathology*, 43 (3), 458–470. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1994.tb01579.x>
- Huang, T., Döring, T.F., Zhao, X., Weiner, J., Dang, P., Zhang, M., Zhang, M., Siddique, K.H.M., Schmid, B. & Qin, X. (2024). Cultivar mixtures increase crop yields and temporal yield stability globally. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 44 (3), 28. <https://doi.org/10.1007/s13593-024-00964-6>
- Jackson, L.F. & Wennig, R.W. (1997). Use of wheat cultivar blends to improve grain yield and quality and reduce disease and lodging. *Field Crops Research*, 52 (3), 261–269. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00007-5)
- Jia, X., Shang, H., Chen, Y., Lin, M., Wei, Y., Li, Y., Li, R., Dong, P., Chen, Y., Zhang, Y. & Wang, Q. (2024). Improved bacterial composition and co-occurrence patterns of rhizosphere increased nutrient uptake and grain yield through cultivars mixtures in maize. *Science of The Total Environment*, 926, 172102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172102>
- Johnson, M.T.J., Lajeunesse, M.J. & Agrawal, A.A. (2006). Additive and interactive effects of plant genotypic diversity on arthropod communities and plant

- fitness. *Ecology Letters*, 9 (1), 24–34. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00833.x>
- Jones, T.S., Allan, E., Härri, S.A., Krauss, J., Müller, C.B. & van Veen, F.J.F. (2011). Effects of genetic diversity of grass on insect species diversity at higher trophic levels are not due to cascading diversity effects. *Oikos*, 120 (7), 1031–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18957.x>
- Jordbruksverket (2024). *Jordbruksmarkens användning 2024. Preliminär statistik. Jordbruksverket*. [text]. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-05-16-jordbruksmarkens-anvandning-2024.-preliminar-statistik> [2024-11-13]
- Jordbruksverket (u.å.). *Ny utsädeslagstiftning*. [text]. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/utsade-och-registrering-av-vaxtsorter/ny-utsadeslagstiftning> [2025-01-17]
- Karjalainen, R. (1986). Spring wheat mixtures in northern crop production: ability of mixtures to buffer disease development and yield loss caused by *Septoria nodorum*. *Agricultural and Food Science*, 58 (1), 33–42. <https://doi.org/10.23986/afsci.72218>
- Kheam, S., Gallinger, J. & Ninkovic, V. (2024). Communication between undamaged plants can elicit changes in volatile emissions from neighbouring plants, thereby altering their susceptibility to aphids. *Plant, Cell & Environment*, 47 (5), 1543–1555. <https://doi.org/10.1111/pce.14828>
- Kheam, S., Markovic, D., Rubene, D., Ith, S. & Ninkovic, V. (2023). Volatile interactions between specific undamaged barley cultivars affect aphid feeding behavior and performance. *Journal of Pest Science*, 96 (3), 1049–1059. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01592-x>
- Kiær, L.P., Skovgaard, I.M. & Østergård, H. (2009). Grain yield increase in cereal variety mixtures: A meta-analysis of field trials. *Field Crops Research*, 114 (3), 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.006>
- Knott, E.A. & Mundt, C.C. (1990). Mixing ability analysis of wheat cultivar mixtures under diseased and nondiseased conditions. *Theoretical and Applied Genetics*, 80 (3), 313–320. <https://doi.org/10.1007/BF00210065>
- Kopp, E.B., Niklaus, P.A. & Wuest, S.E. (2023). Ecological principles to guide the development of crop variety mixtures. *Journal of Plant Ecology*, 16 (6), rtad017. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtad017>
- Koricheva, J. & Hayes, D. (2018). The relative importance of plant intraspecific diversity in structuring arthropod communities: A meta-analysis. *Functional Ecology*, 32 (7), 1704–1717. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13062>
- Kristoffersen, R., Eriksen, L.B., Nielsen, G.C., Jørgensen, J.R. & Jørgensen, L.N. (2022). Management of *Septoria Tritici* Blotch Using Cultivar Mixtures. *Plant Disease*, 106 (5), 1341–1349. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0069-RE>
- Kristoffersen, R., Heick, T.M., Müller, G.M., Eriksen, L.B., Nielsen, G.C. & Jørgensen, L.N. (2020a). The potential of cultivar mixtures to reduce fungicide input and mitigate fungicide resistance development. *Agronomy for Sustainable Development*, 40 (5), 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00639-y>
- Kristoffersen, R., Jørgensen, L.N., Eriksen, L.B., Nielsen, G.C. & Kiær, L.P. (2020b). Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: Meta-analysis of 19 years of cultivar trials. *Field Crops Research*, 249, 107696. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107696>
- Lannou, C., Hubert, P. & Gimeno, C. (2005). Competition and interactions among stripe rust pathotypes in wheat-cultivar mixtures. *Plant Pathology*, 54 (5), 699–712. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01251.x>

- Lannou, C. & Mundt, C.C. (1997). Evolution of a pathogen population in host mixtures: rate of emergence of complex races. *Theoretical and Applied Genetics*, 94 (8), 991–999. <https://doi.org/10.1007/s001220050506>
- Lazzaro, M., Costanzo, A. & Bàrberi, P. (2018). Single vs multiple agroecosystem services provided by common wheat cultivar mixtures: Weed suppression, grain yield and quality. *Field Crops Research*, 221, 277–297. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.006>
- Leonard, K.J. & Czocho, R.J. (1980). Theory of Genetic Interactions Among Populations of Plants and their Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 18 (Volume 18, 1980), 237–258. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.18.090180.001321>
- Letourneau, D.K., Armbrecht, I., Rivera, B.S., Lerma, J.M., Carmona, E.J., Daza, M.C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S.D., Mejía, J.L., Rangel, A.M.A., Rangel, J.H., Rivera, L., Saavedra, C.A., Torres, A.M. & Trujillo, A.R. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications*, 21 (1), 9–21. <https://doi.org/10.1890/09-2026.1>
- Li, C., Guan, H., Jing, X., Li, Y., Wang, B., Li, Y., Liu, X., Zhang, D., Liu, C., Xie, X., Zhao, H., Wang, Y., Liu, J., Zhang, P., Hu, G., Li, G., Li, S., Sun, D., Wang, X., Shi, Y., Song, Y., Jiao, C., Ross-Ibarra, J., Li, Y., Wang, T. & Wang, H. (2022). Genomic insights into historical improvement of heterotic groups during modern hybrid maize breeding. *Nature Plants*, 8 (7), 750–763. <https://doi.org/10.1038/s41477-022-01190-2>
- Manevska-Tasevska, G., Huang, V.W., Chen, Z., Jäck, O., Adam, N., Ha, T.M., Weih, M. & Hansson, H. (2024). Economic outcomes from adopting cereal-legume intercropping practices in Sweden. *Agricultural Systems*, 220, 104064. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104064>
- Manthey, R. & Fehrmann, H. (1993). Effect of cultivar mixtures in wheat on fungal diseases, yield and profitability. *Crop Protection*, 12 (1), 63–68. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(93\)90022-B](https://doi.org/10.1016/0261-2194(93)90022-B)
- Mikaberidze, A., McDonald, B.A. & Bonhoeffer, S. (2014). Can High-Risk Fungicides be Used in Mixtures Without Selecting for Fungicide Resistance? *Phytopathology*®, 104 (4), 324–331. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-13-0204-R>
- Mikaberidze, A., McDonald, B.A. & Bonhoeffer, S. (2015). Developing smarter host mixtures to control plant disease. *Plant Pathology*, 64 (4), 996–1004. <https://doi.org/10.1111/ppa.12321>
- Mille, B., Fraj, M.B., Monod, H. & de Vallavieille-Pope, C. (2006). Assessing Four-Way Mixtures of Winter Wheat Cultivars from the Performances of their Two-Way and Individual Components. *European Journal of Plant Pathology*, 114 (2), 163–173. <https://doi.org/10.1007/s10658-005-4036-0>
- Montazeaud, G., Flutre, T., Ballini, E., Morel, J.-B., David, J., Girodolle, J., Rocher, A., Ducasse, A., Violle, C., Fort, F. & Fréville, H. (2022). From cultivar mixtures to allelic mixtures: opposite effects of allelic richness between genotypes and genotype richness in wheat. *New Phytologist*, 233 (6), 2573–2584. <https://doi.org/10.1111/nph.17915>
- Moreira, X. & Mooney, K.A. (2013). Influence of plant genetic diversity on interactions between higher trophic levels. *Biology Letters*, 9 (3), 20130133. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0133>
- Mundt, C.C. (2002). USE OF MULTILINE CULTIVARS AND CULTIVAR MIXTURES FOR DISEASE MANAGEMENT. *Annual Review of Phytopathology*, 40 (Volume 40, 2002), 381–410. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723>

- Mundt, C.C. (2014). Durable resistance: A key to sustainable management of pathogens and pests. *Infection, Genetics and Evolution*, 27, 446–455. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2014.01.011>
- Mundt, C.C. (2018). Pyramiding for Resistance Durability: Theory and Practice. *Phytopathology*®, 108 (7), 792–802. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-17-0426-RVW>
- Mundt, C.C., Brophy, L.S. & Schmitt, M.S. (1995). Disease severity and yield of pure-line wheat cultivars and mixtures in the presence of eyespot, yellow rust, and their combination. *Plant Pathology*, 44 (1), 173–182. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02726.x>
- Newton, A. c., Begg, G. s. & Swanston, J. s. (2009). Deployment of diversity for enhanced crop function. *Annals of Applied Biology*, 154 (3), 309–322. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00303.x>
- Newton, A.C., Ellis, R.P., Hackett, C.A. & Guy, D.C. (1997). The effect of component number on *Rhynchosporium secalis* infection and yield in mixtures of winter barley cultivars. *Plant Pathology*, 46 (6), 930–938. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-83.x>
- Newton, A.C. & Guy, D.C. (2009). The effects of uneven, patchy cultivar mixtures on disease control and yield in winter barley. *Field Crops Research*, 110 (3), 225–228. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.09.002>
- Newton, A.C., Hackett, C.A. & Swanston, J.S. (2008). Analysing the contribution of component cultivars and cultivar combinations to malting quality, yield and disease in complex mixtures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (12), 2142–2152. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3326>
- Newton, A.C., Swanston, J.S., Guy, D.C. & Ellis, R.P. (1998). The Effect of Cultivar Mixtures on Malting Quality in Winter Barley. *Journal of the Institute of Brewing*, 104 (1), 41–45. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1998.tb00973.x>
- Ninkovic, V., Al Abassi, S., Ahmed, E., Glinwood, R. & Pettersson, J. (2011). Effect of within-species plant genotype mixing on habitat preference of a polyphagous insect predator. *Oecologia*, 166 (2), 391–400. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1839-2>
- Ninkovic, V., Olsson, U. & Pettersson, J. (2002). Mixing barley cultivars affects aphid host plant acceptance in field experiments. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 102 (2), 177–182. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00937.x>
- Nombela, G., Williamson, V.M. & Muñoz, M. (2003). The Root-Knot Nematode Resistance Gene Mi-1.2 of Tomato Is Responsible for Resistance Against the Whitefly *Bemisia tabaci*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*®, 16 (7), 645–649. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2003.16.7.645>
- Ohtsuki, A. & Sasaki, A. (2006). Epidemiology and disease-control under gene-for-gene plant-pathogen interaction. *Journal of Theoretical Biology*, 238 (4), 780–794. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2005.06.030>
- Ostergard, H., Wolfe, M., Gacek, E., Wolfe, M.S. & Agroforestry, W. (u.å.). Variety Mixtures in Theory and Practice.
- PlantComMistra (u.å.). Odlå sortblandningar – hur och varför
- Poveda, K., Gómez, M.I. & Martínez, E. (2008). Diversification practices: their effect on pest regulation and production. *Revista Colombiana de Entomología*, 34 (2), 131–144. <https://doi.org/10.25100/socolen.v34i2.9269>
- Quénehervé, P., Barrière, V., Salmon, F., Houdin, F., Achard, R., Gertrude, J.-C., Marie-Luce, S., Chabrier, C., Duyck, P.-F. & Tixier, P. (2011). Effect of banana crop mixtures on the plant-feeding nematode community. *Applied Soil Ecology*, 49, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.07.003>



- Reiss, E.R. & Drinkwater, L.E. (2018). Cultivar mixtures: a meta-analysis of the effect of intraspecific diversity on crop yield. *Ecological Applications*, 28 (1), 62–77. <https://doi.org/10.1002/eap.1629>
- Rimbaud, L., Papaix, J., Barrett, L.G., Burdon, J.J. & Thrall, P.H. (2018). Mosaics, mixtures, rotations or pyramiding: What is the optimal strategy to deploy major gene resistance? *Evolutionary Applications*, 11 (10), 1791–1810. <https://doi.org/10.1111/eva.12681>
- Root, R.B. (1973). Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (Brassica Oleracea). *Ecological Monographs*, 43 (1), 95–124. <https://doi.org/10.2307/1942161>
- Rossi, M., Goggin, F.L., Milligan, S.B., Kaloshian, I., Ullman, D.E. & Williamson, V.M. (1998). The nematode resistance gene Mi of tomato confers resistance against the potato aphid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95 (17), 9750–9754. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.17.9750>
- Sarandon, S.J. & Sarandon, R. (1995). Mixture of Cultivars: Pilot Field Trial of an Ecological Alternative to Improve Production or Quality of Wheat (Triticum aestivum). *Journal of Applied Ecology*, 32 (2), 288–294. <https://doi.org/10.2307/2405096>
- Shoffner, A.V. & Tooker, J.F. (2013). The potential of genotypically diverse cultivar mixtures to moderate aphid populations in wheat (Triticum aestivum L.). *Arthropod-Plant Interactions*, 7 (1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9226-z>
- Smithson, J.B. & Lenné, J.M. (1996). Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture. *Annals of Applied Biology*, 128 (1), 127–158. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb07096.x>
- Snyder, L.D., Gómez, M.I. & Power, A.G. (2020). Crop Varietal Mixtures as a Strategy to Support Insect Pest Control, Yield, Economic, and Nutritional Services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00060>
- SortInfo (u.å.). <https://sortinfo.dk/#/overview/88011120/latestYear/LF> [2025-01-17]
- sortval (u.å.). <http://sortval.se/> [2025-01-17]
- Tahvanainen, J.O. & Root, R.B. (1972). The Influence of Vegetational Diversity on the Population Ecology of a Specialized Herbivore, Phyllotreta cruciferae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia*, 10 (4), 321–346
- Technow, F., Schrag, T.A., Schipprack, W., Bauer, E., Simianer, H. & Melchinger, A.E. (2014). Genome Properties and Prospects of Genomic Prediction of Hybrid Performance in a Breeding Program of Maize. *Genetics*, 197 (4), 1343–1355. <https://doi.org/10.1534/genetics.114.165860>
- Thies, C., Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. (2003). Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 101 (1), 18–25. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12567.x>
- TystofteFonden (u.å.). *Vintersæd 2024/2025 – TystofteFonden. TystofteFonden.* <https://www.tystofte.dk/certificering/sortsblandinger/vintersaed-2024-2025/> [2024-11-17]
- Underwood, N. (2004). Variance and Skew of the Distribution of Plant Quality Influence Herbivore Population Dynamics. *Ecology*, 85 (3), 686–693. <https://doi.org/10.1890/03-0030>
- de Vallavieille-Pope, C. (2004). Management of disease resistance diversity of cultivars of a species in single fields: controlling epidemics. *Comptes Rendus Biologies*, 327 (7), 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2003.11.014>
- Vestergaard, N.F. & Jørgensen, L.N. (2024). Variety mixtures of winter wheat: a general status and national case study. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131 (4), 1127–1136. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00856-z>

- Vidal, T., Saint-Jean, S., Lusley, P., Leconte, M., Ben Krima, S., Boixel, A.-L., Wheatamix, C. & de Vallavieille-Pope, C. (2020). Cultivar mixture effects on disease and yield remain despite diversity in wheat height and earliness. *Plant Pathology*, 69 (6), 1148–1160. <https://doi.org/10.1111/ppa.13200>
- Wan, N.-F., Fu, L., Dainese, M., Hu, Y.-Q., Pødenphant Kiær, L., Isbell, F. & Scherber, C. (2022). Plant genetic diversity affects multiple trophic levels and trophic interactions. *Nature Communications*, 13 (1), 7312. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35087-7>
- Wetzel, W.C., Aflitto, N.C. & Thaler, J.S. (2018). Plant genotypic diversity interacts with predation risk to influence an insect herbivore across its ontogeny. *Ecology*, 99 (10), 2338–2347. <https://doi.org/10.1002/ecy.2472>
- Wolfe, M.S. (1985). The Current Status and Prospects of Multiline Cultivars and Variety Mixtures for Disease Resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 23 (Volume 23,), 251–273. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.001343>
- Wolfe, M.S. (2000). Crop strength through diversity. *Nature*, 406 (6797), 681–682. <https://doi.org/10.1038/35021152>
- Wuest, S.E., Peter, R. & Niklaus, P.A. (2021). Ecological and evolutionary approaches to improving crop variety mixtures. *Nature Ecology & Evolution*, 5 (8), 1068–1077. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01497-x>
- Zhao, Y., Li, Z., Liu, G., Jiang, Y., Maurer, H.P., Würschum, T., Mock, H.-P., Matros, A., Ebmeyer, E., Schachschneider, R., Kazman, E., Schacht, J., Gowda, M., Longin, C.F.H. & Reif, J.C. (2015). Genome-based establishment of a high-yielding heterotic pattern for hybrid wheat breeding. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (51), 15624–15629. <https://doi.org/10.1073/pnas.1514547112>
- Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Fan, J., Yang, S., Hu, L., Leung, H., Mew, T.W., Teng, P.S., Wang, Z. & Mundt, C.C. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406 (6797), 718–722. <https://doi.org/10.1038/35021046>
- Østergård, H. & Fontaine, L. (2006). *Cereal crop diversity: Implications for production and products*. Østergård, H. & Fontaine, L. (red.) (Østergård, H. & Fontaine, L., red.) <http://www.cost860.dk/activities/workshops/Production/doc/PROCEEDINGS-LaBesse-June06.pdf> ITAB, Paris. <https://orprints.org/id/eprint/10337/> [2024-11-18]

## Bilaga

**Sortblandning inom odling kan ha flera fördelar beroende på de specifika målen och förutsättningarna för odlingen. Här är några av de främsta fördelarna:**

### *1. Ökad motståndskraft mot sjukdomar och skadedjur*

Genom att blanda olika sorter med olika grader och typer av resistens mot sjukdomar och skadedjur kan risken för angrepp minskas. Om en viss sort är känslig för en specifik sjukdom kan en annan sort, som är mer resistent, hjälpa till att minska spridningen av sjukdomen. Genom att använda sorter som naturligt är mer resistent mot vissa sjukdomar och skadedjur kan behovet av kemiska växtskyddsmedel minskas, vilket är både ekonomiskt och miljömässigt fördelaktigt.

### *2. Utjämnad avkastning*

Olika sorter kan ha olika krav på odlingsförhållanden, vilket kan göra skörden mer stabil över tid. Eftersom olika sorter kan ha olika tillväxtmönster och mognadsperioder kan en sort som inte klarar sig bra på grund av väderförhållanden kompenseras av andra sorter. Detta fungerar som en form av 'försäkring' mot väderrelaterade skördeförluster.

### *3. Förbättrad miljöanpassning*

Genom att blanda sorter med olika egenskaper, såsom torktålighet eller näringsbehov, kan odlingen bättre anpassas till varierande jordar och klimatförhållanden. Detta är särskilt fördelaktigt i regioner med osäkert klimat eller stora skillnader i mikroklimat över fältet.

### *4. Bättre resursanvändning*

Sorter som kräver olika mängder näringsämnen eller vatten kan utnyttja resurserna på fältet mer balanserat, vilket minskar konkurrensen mellan växterna och förbättrar effektiviteten i närings- och vattenanvändningen. Sortblandningen kan vara mindre krävande när det gäller insatser som bevattning, gödsling eller växtskyddsmedel, vilket kan leda till en mer hållbar odling där resurser används mer effektivt och belastningen på miljön minskar.

### *5. Främjande av biologisk mångfald*

Att odla olika sorter tillsammans kan bidra till att främja den biologiska mångfalden både i odlingsystemet och i omgivningen. Detta kan i sin tur skapa bättre förutsättningar för ekosystemtjänster, såsom pollinering och naturlig bekämpning av skadedjur.

#### *6. Högre kvalitetsvariation*

I livsmedelsproduktionen kan sortblandningar användas för att skapa en slutprodukt med en bredare variation av egenskaper, såsom olika smakprofiler, texturer eller näringsinnehåll. Detta kan öka attraktionskraften för vissa konsumentgrupper eller specifika marknader.

Sammanfattningsvis kan sortblandning ge fördelar genom att skapa ett mer robust och resilient odlingsystem som bättre kan hantera miljövariationer samt externa hot som sjukdomar, skadedjur och klimatförändringar.

**Tabell 1.** Påverkan av sortblandningar på förekomst av olika sjukdomar

Sjukdom	Gröda	Undersökt variabel	Påverkan	Källa
Gulrost	Vete	AUDPC	varierande utifrån blandning	Huang et al 2011
			mindre	Huang et al 2024
			mindre	Aslam & Fischbeck 1993
			mindre	Chu et al 2021
		Angreppsnivå	varierande utifrån blandning	Huang et al 2011,
			mindre	Finckh & Mundt 1992a
			mindre	Finckh & Mundt 1992b
		Angreppsnivå	mindre	Huang et al 2012
		Angreppsnivå	varierande	Lannou et al 2005
			varierande eller ingen	Vidal et al 2020
			mindre	Akanda & Mundt 1996
			ingen	Dai et al 2012
		Sjukdoms-index	mindre	Huang et al 2024
Variation i angreppsnivå	lägre	Vidal et al 2020		
Mjöldagg	Vete	Angreppsnivå	mindre	Manthey & Fehrmann 1993
		AUDPC	mindre	Huang et al 2024
	Korn	Angreppsnivå	ingen	Newton et al 2008
Svartprick-sjuka	Vete	Angreppsnivå	mindre	Kristoffersen et al 2022
			mindre	Gigot et al 2013
			mindre	Lebon et al 2012
			blandat	Mundt et al 1995
			ingen	Jackson & Wenning 1997
mindre	Mille et al 2006			

		AUDPC	mindre	Gigot et al 2013
		AUDPC och angreppsnivå	mindre	Vidal et al 2017
Svartprick-sjuka	Durum	Allvarsgrad	mindre	Kristoffersen et al 2020
		AUDPC	blandat	Cowger & Mundt 2002
		AUDPC	mindre	Abdeyem et al 2021
		Angreppsnivå	mindre	Montazeud et al 2022
Brunrost	Vete	Angreppsnivå	ingen effekt	Jackson & Wenning 1997
			mindre	Cox et al 2004
Brunfläck-sjuka		Sjukdoms-för-lopp	långsammare	Karjalainen 1986
Vetesblad-fläcksjuka		Angreppsnivå	mindre	Cox et al 2004
Rice blast	Ris	Förekomst och angreppsnivå	lägre	Raboin et al 2012
		Angreppsnivå	lägre	Zhu et al 2000
Sköldfläck-sjuka	Korn	Angreppsnivå	ingen	Newton et al 2008
			mindre	Newton et al 1997
		AUDPC	mindre	Newton et al 2019
Potatis-bladmögel	Potatis	AUDPC	mindre	Yang et al 2019
		Angreppsnivå	mindre	Phillips et al. 2005
		AUDPC	mindre	<u>Andrivon et al. 2003</u>
Äppelskorv	Äpple	AUDPC	blandat	Didelot et 2007