Genetic markers for bunt resistance

XXII International Workshop on Bunt and Smut Diseases

Tulnn, Austria, 13th-15th June 2023

Anders Borgen and Dennis Kjær Christensen,

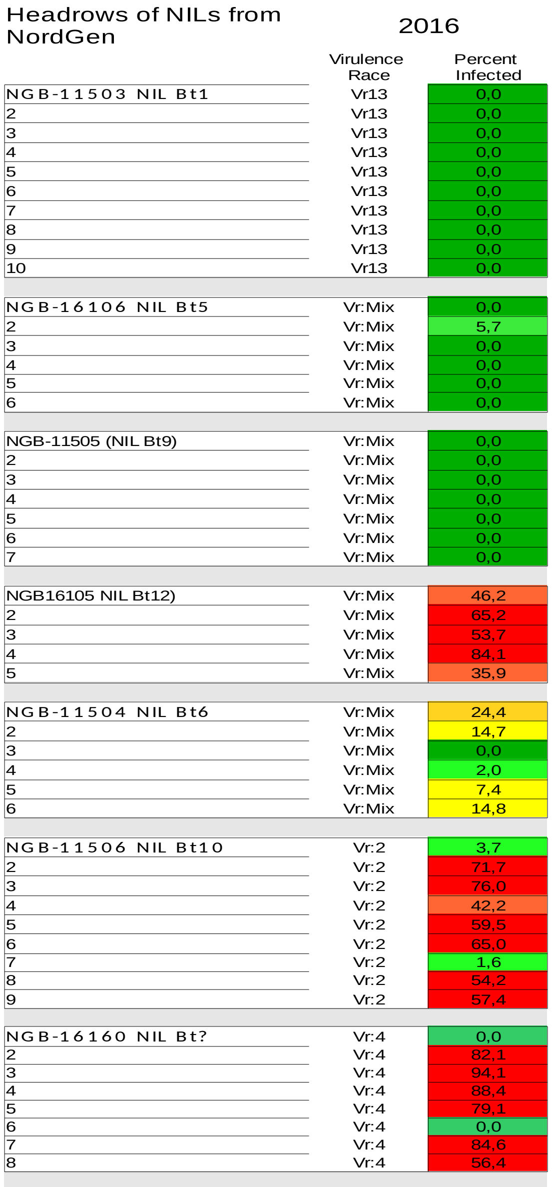
Special thanks to Pernille Sarup and Jihad Orabi(Nordic Seed), Jianli Chen(Uni.Idaho), Hermann Gregor and the BOKU team, Monika Spiller (KWS), Anja Hanemann (Breun), Carl Vollenweider, Karl-Josef Müller for valuable assistance to data analysis

Starting up marker research

- Cross populations with resistance (2007-9)
- **BIOBREED** (2010-13)
  - phenopyping and genotyping (350 lines, mixed race and DArT-7k)
  - Bi-parental population with Bt9 (200 lines, mixed race and DArT-7k)
- **NordGen** (2014-15)
  - phenopyping and genotyping (155 lines, 2 races and SNP-15k)
- **COBRA** (Era-Net 2013-16)
  - purifying races
  - Purifying Starke-II NILs
- **LIVESEED** (2017-2021)
  - Phenotyping and genotyping (450 lines, 8 races and SNP-25k)
- **BOOST** /Organic RDD), **DIVERSILIENCE** (Era-Net) (2022-2023)
  - Phenotyping and genotyping (850 lines, 8 races and SNP-25k)
  - Exploiting new races
- **Bunt Consortium**
  - More data, new races and new crosses

- Additional data begged, borrowed or downloaded from:
  - ECOBREED,
  - IDAHO,
  - GRIN/NSGC
  - NIAB/JIC
  - Nordic Seed

Purifying NIL’s of Starke-II



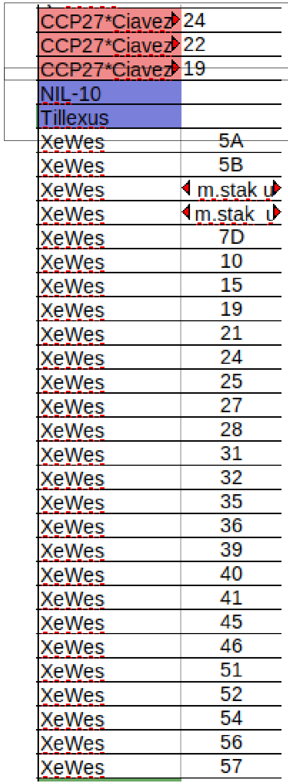
Headrows of NILs from NordGen	Virulence Race	2016 Percent Infected
NGB-11503 NIL Bt1	Vr13	0,0
2	Vr13	0,0
3	Vr13	0,0
4	Vr13	0,0
5	Vr13	0,0
6	Vr13	0,0
7	Vr13	0,0
8	Vr13	0,0
9	Vr13	0,0
10	Vr13	0,0
NGB-16106 NIL Bt5	Vr:Mix	0,0
2	Vr:Mix	5,7
3	Vr:Mix	0,0
4	Vr:Mix	0,0
5	Vr:Mix	0,0
6	Vr:Mix	0,0
NGB-11505 (NIL Bt9)	Vr:Mix	0,0
2	Vr:Mix	0,0
3	Vr:Mix	0,0
4	Vr:Mix	0,0
5	Vr:Mix	0,0
6	Vr:Mix	0,0
7	Vr:Mix	0,0
NGB16105 NIL Bt12)	Vr:Mix	46,2
2	Vr:Mix	65,2
3	Vr:Mix	53,7
4	Vr:Mix	84,1
5	Vr:Mix	35,9
NGB-11504 NIL Bt6	Vr:Mix	24,4
2	Vr:Mix	14,7
3	Vr:Mix	0,0
4	Vr:Mix	2,0
5	Vr:Mix	7,4
6	Vr:Mix	14,8
NGB-11506 NIL Bt10	Vr:2	3,7
2	Vr:2	71,7
3	Vr:2	76,0
4	Vr:2	42,2
5	Vr:2	59,5
6	Vr:2	65,0
7	Vr:2	1,6
8	Vr:2	54,2
9	Vr:2	57,4
NGB-16160 NIL Bt?	Vr:4	0,0
2	Vr:4	82,1
3	Vr:4	94,1
4	Vr:4	88,4
5	Vr:4	79,1
6	Vr:4	0,0
7	Vr:4	84,6
8	Vr:4	56,4

Acknowledging cooperation with Jan Svensson, NordGen, Amuth Müllner, BOKU, Inger Åhmn, SLU and Tina Henriksson SWSeed

Developing genetic markers for genomic selection under organic farming conditions

Analysis of a bi-parental population

Selected lines from
Xenos*Weston(Bt10)

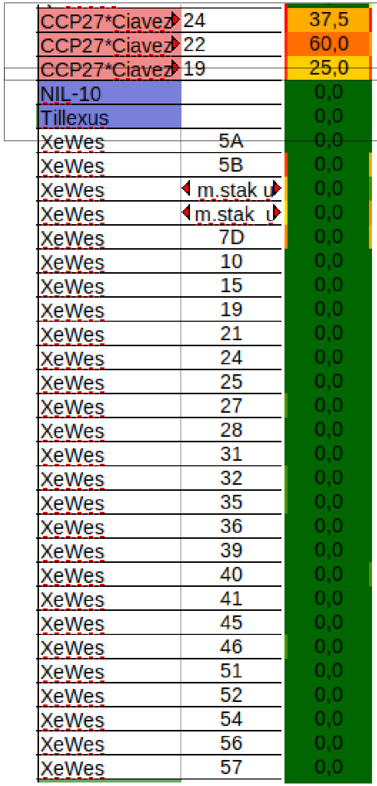


CCP27*Ciavez	24
CCP27*Ciavez	22
CCP27*Ciavez	19
NIL-10	
Tillexus	
XeWes	5A
XeWes	5B
XeWes	m.stak u
XeWes	m.stak u
XeWes	7D
XeWes	10
XeWes	15
XeWes	19
XeWes	21
XeWes	24
XeWes	25
XeWes	27
XeWes	28
XeWes	31
XeWes	32
XeWes	35
XeWes	36
XeWes	39
XeWes	40
XeWes	41
XeWes	45
XeWes	46
XeWes	51
XeWes	52
XeWes	54
XeWes	56
XeWes	57

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population

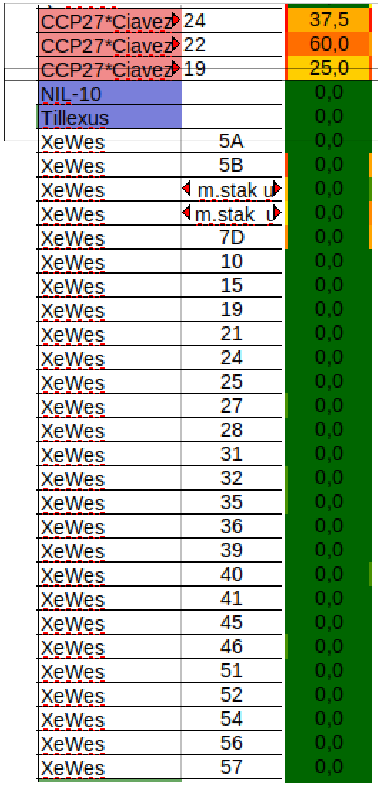


CCP27*Ciavez	24	37,5
CCP27*Ciavez	22	60,0
CCP27*Ciavez	19	25,0
NIL-10		0,0
Tillexus		0,0
XeWes	5A	0,0
XeWes	5B	0,0
XeWes	m.stak u	0,0
XeWes	m.stak u	0,0
XeWes	7D	0,0
XeWes	10	0,0
XeWes	15	0,0
XeWes	19	0,0
XeWes	21	0,0
XeWes	24	0,0
XeWes	25	0,0
XeWes	27	0,0
XeWes	28	0,0
XeWes	31	0,0
XeWes	32	0,0
XeWes	35	0,0
XeWes	36	0,0
XeWes	39	0,0
XeWes	40	0,0
XeWes	41	0,0
XeWes	45	0,0
XeWes	46	0,0
XeWes	51	0,0
XeWes	52	0,0
XeWes	54	0,0
XeWes	56	0,0
XeWes	57	0,0

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population



CCP27*Ciavez	24	37,5
CCP27*Ciavez	22	60,0
CCP27*Ciavez	19	25,0
NIL-10		0,0
Tillexus		0,0
XeWes	5A	0,0
XeWes	5B	0,0
XeWes	m.stak u	0,0
XeWes	m.stak u	0,0
XeWes	7D	0,0
XeWes	10	0,0
XeWes	15	0,0
XeWes	19	0,0
XeWes	21	0,0
XeWes	24	0,0
XeWes	25	0,0
XeWes	27	0,0
XeWes	28	0,0
XeWes	31	0,0
XeWes	32	0,0
XeWes	35	0,0
XeWes	36	0,0
XeWes	39	0,0
XeWes	40	0,0
XeWes	41	0,0
XeWes	45	0,0
XeWes	46	0,0
XeWes	51	0,0
XeWes	52	0,0
XeWes	54	0,0
XeWes	56	0,0
XeWes	57	0,0

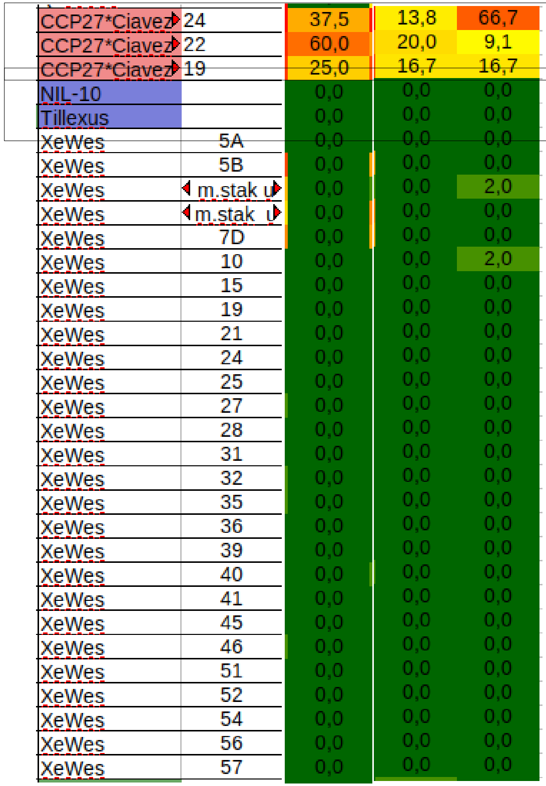
Bt0

Bt10

but the problem is that the GWAS mapping for Bt10 fails

- maybe we need more data?

Analysis of a bi-parental population

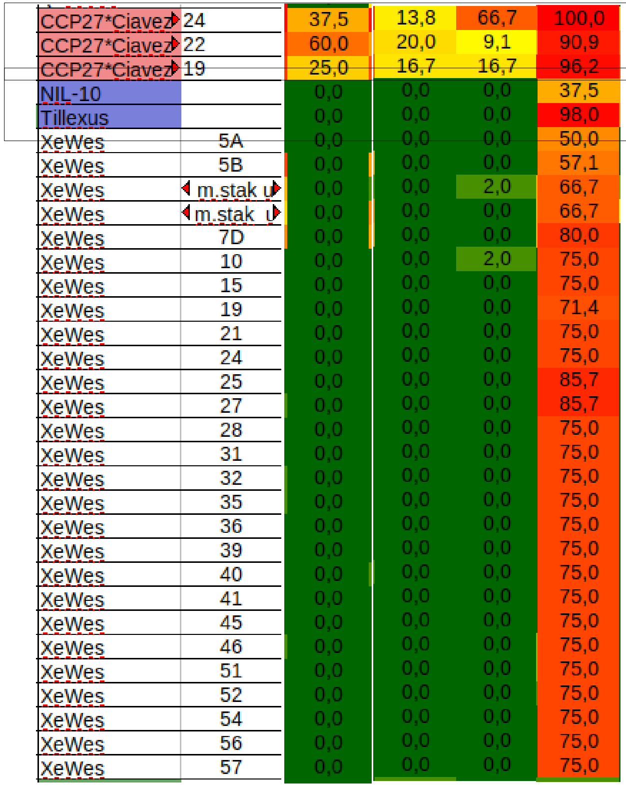


CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7
NIL-10		0,0	0,0	0,0
Tillexus		0,0	0,0	0,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0
XeWes	10	0,0	0,0	2,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0
XeWes	21	0,0	0,0	0,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0
XeWes	27	0,0	0,0	0,0
XeWes	28	0,0	0,0	0,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0
XeWes	51	0,0	0,0	0,0
XeWes	52	0,0	0,0	0,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population

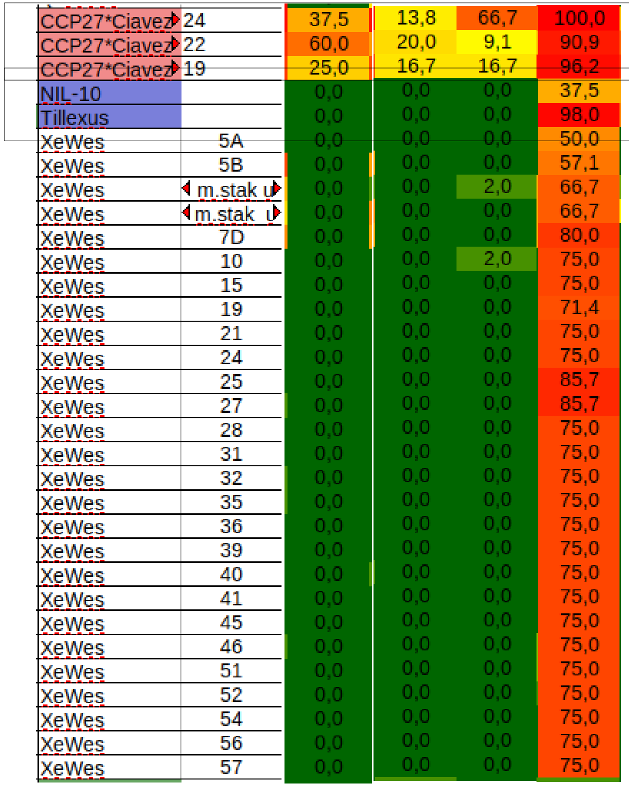


CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population



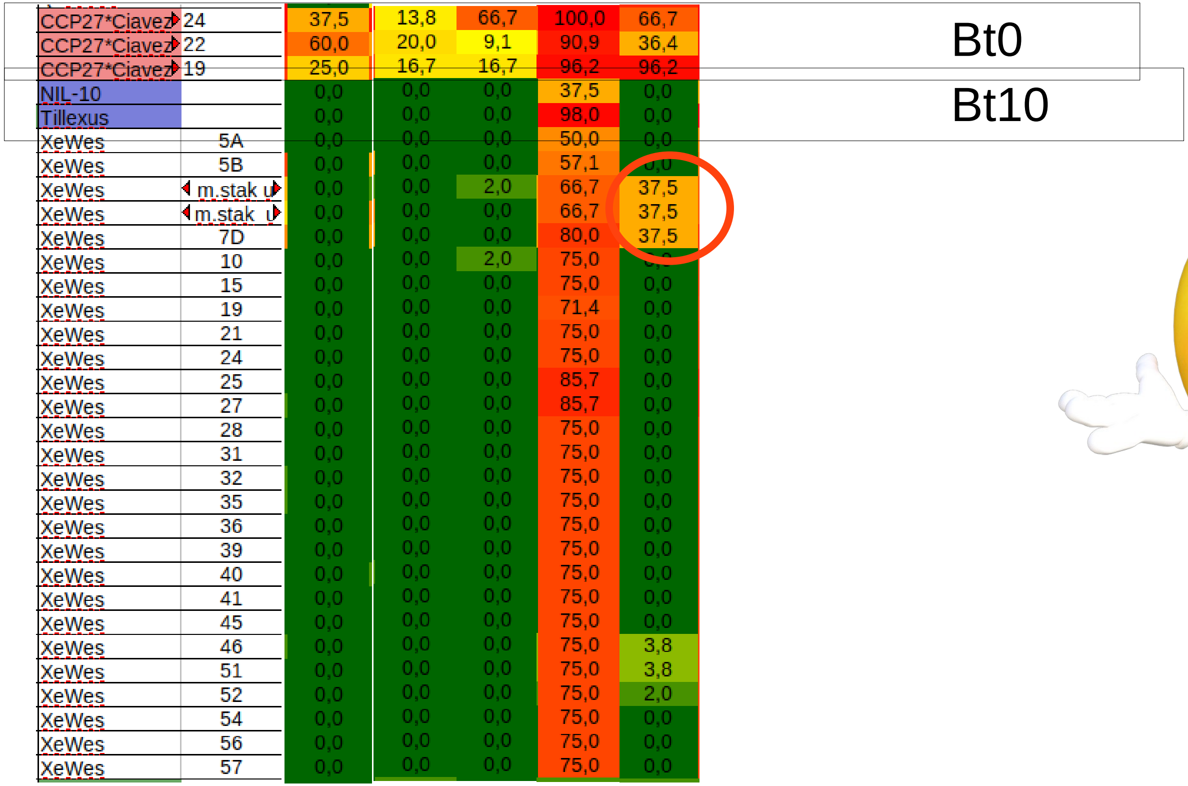
CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0

Bt0

Bt10

…., but the GWAS mapping of Bt10 still fails
- we may need more data?

Analysis of a bi-parental population

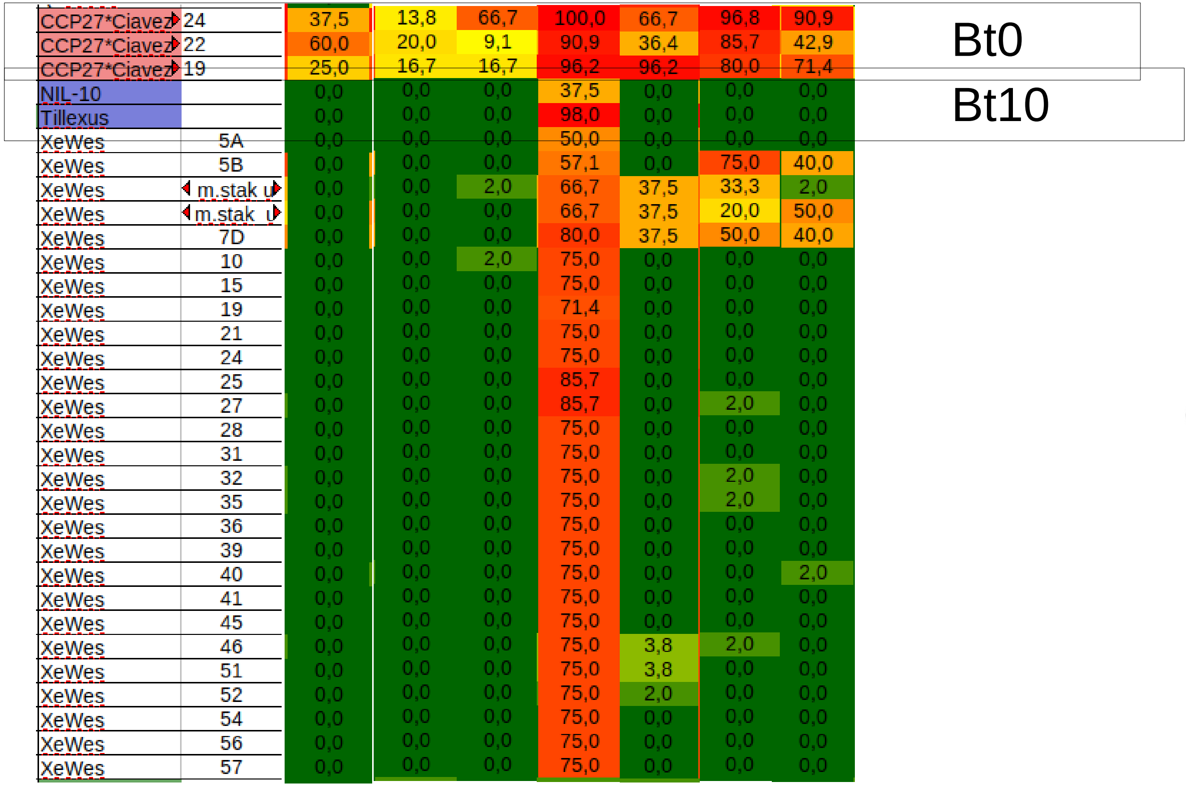


CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0	66,7
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9	36,4
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2	96,2
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5	0,0
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0	0,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1	0,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7	37,5
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7	37,5
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0	37,5
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0	0,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4	0,0
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0	2,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population

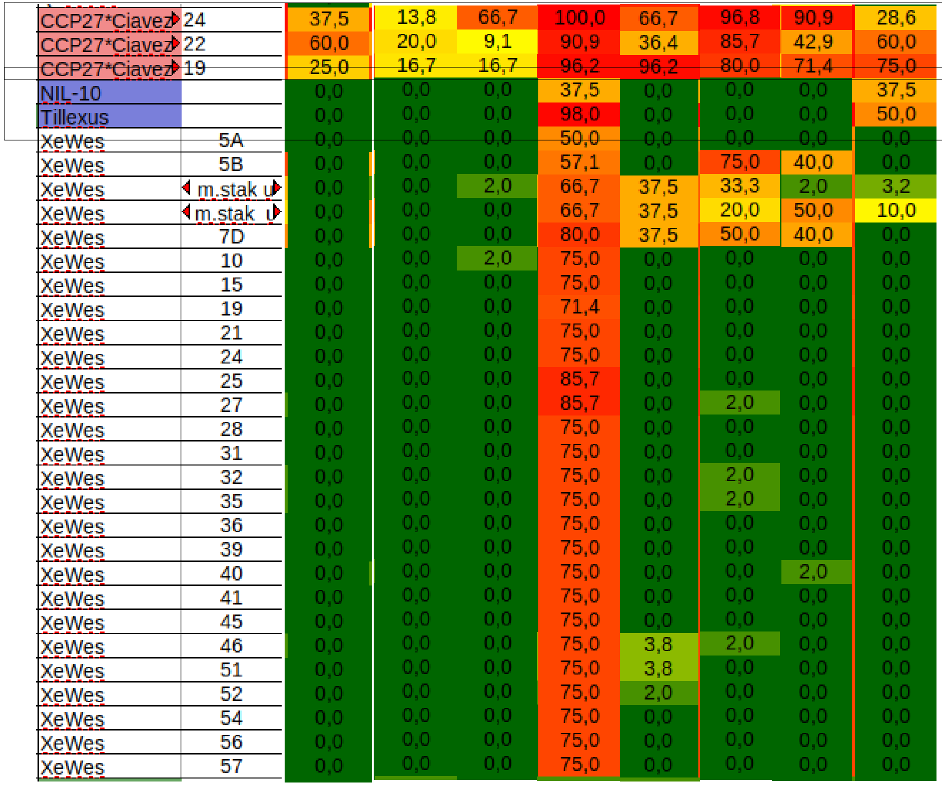


CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0	66,7	96,8	90,9
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9	36,4	85,7	42,9
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2	96,2	80,0	71,4
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1	0,0	75,0	40,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7	37,5	33,3	2,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7	37,5	20,0	50,0
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0	37,5	50,0	40,0
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	0,0
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	0,0	0,0
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	2,0	0,0
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	2,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	2,0	0,0
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	0,0	0,0
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0	2,0	0,0	0,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0

Bt0

Bt10

Analysis of a bi-parental population

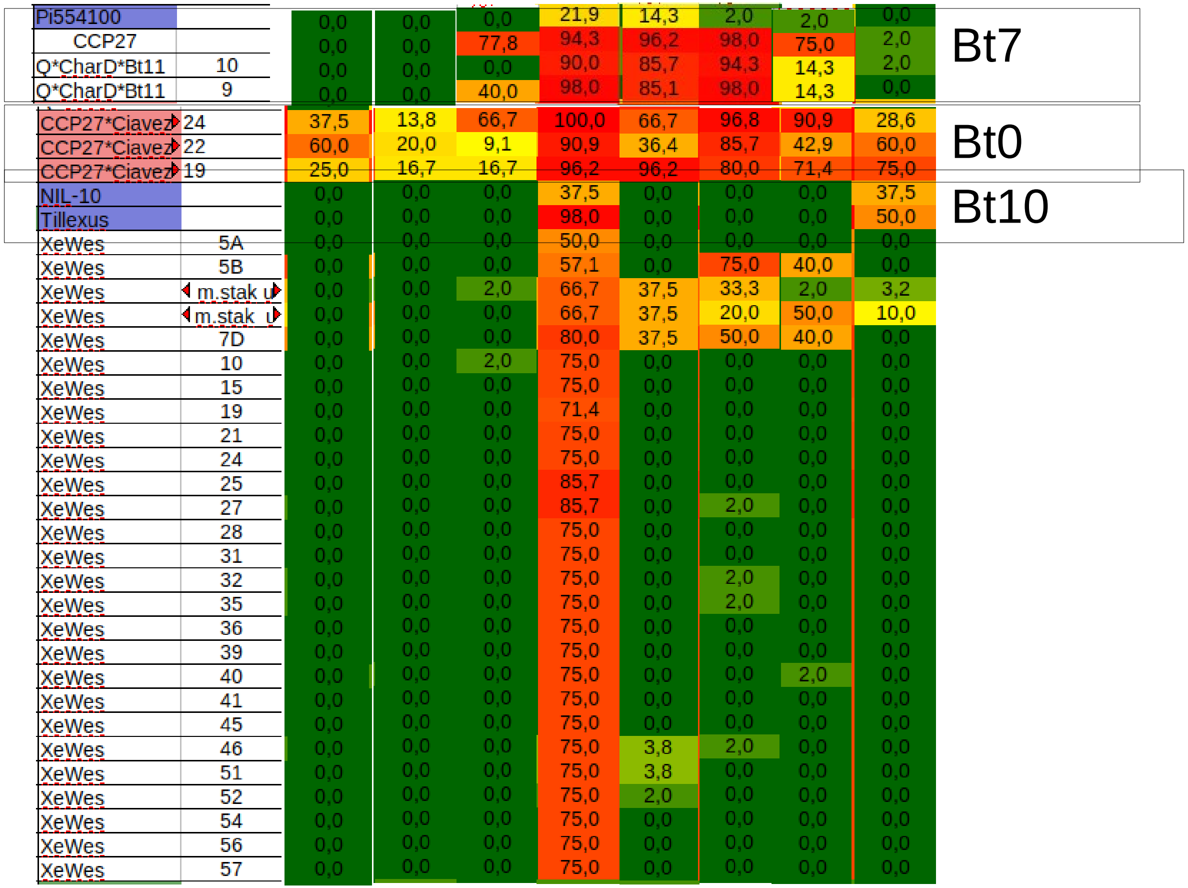


CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0	66,7	96,8	90,9	28,6
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9	36,4	85,7	42,9	60,0
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2	96,2	80,0	71,4	75,0
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0	37,5
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	0,0	0,0	50,0
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1	0,0	75,0	40,0	0,0
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7	37,5	33,3	2,0	3,2
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7	37,5	20,0	50,0	10,0
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0	37,5	50,0	40,0	0,0
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	2,0	0,0	0,0
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	2,0	0,0
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	2,0	0,0	0,0
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	0,0	0,0	0,0
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0	2,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Bt0

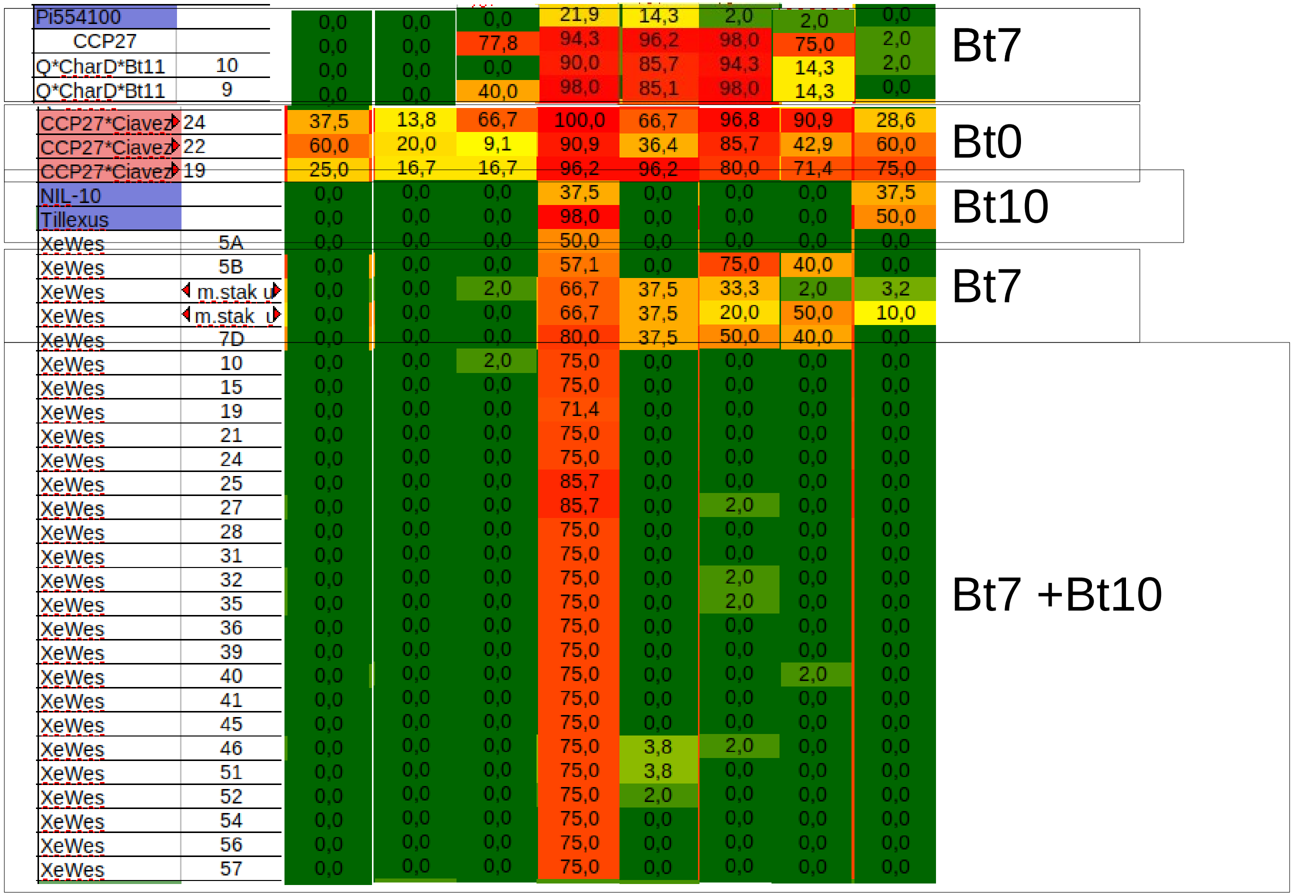
Bt10

Analysis of a bi-parental population



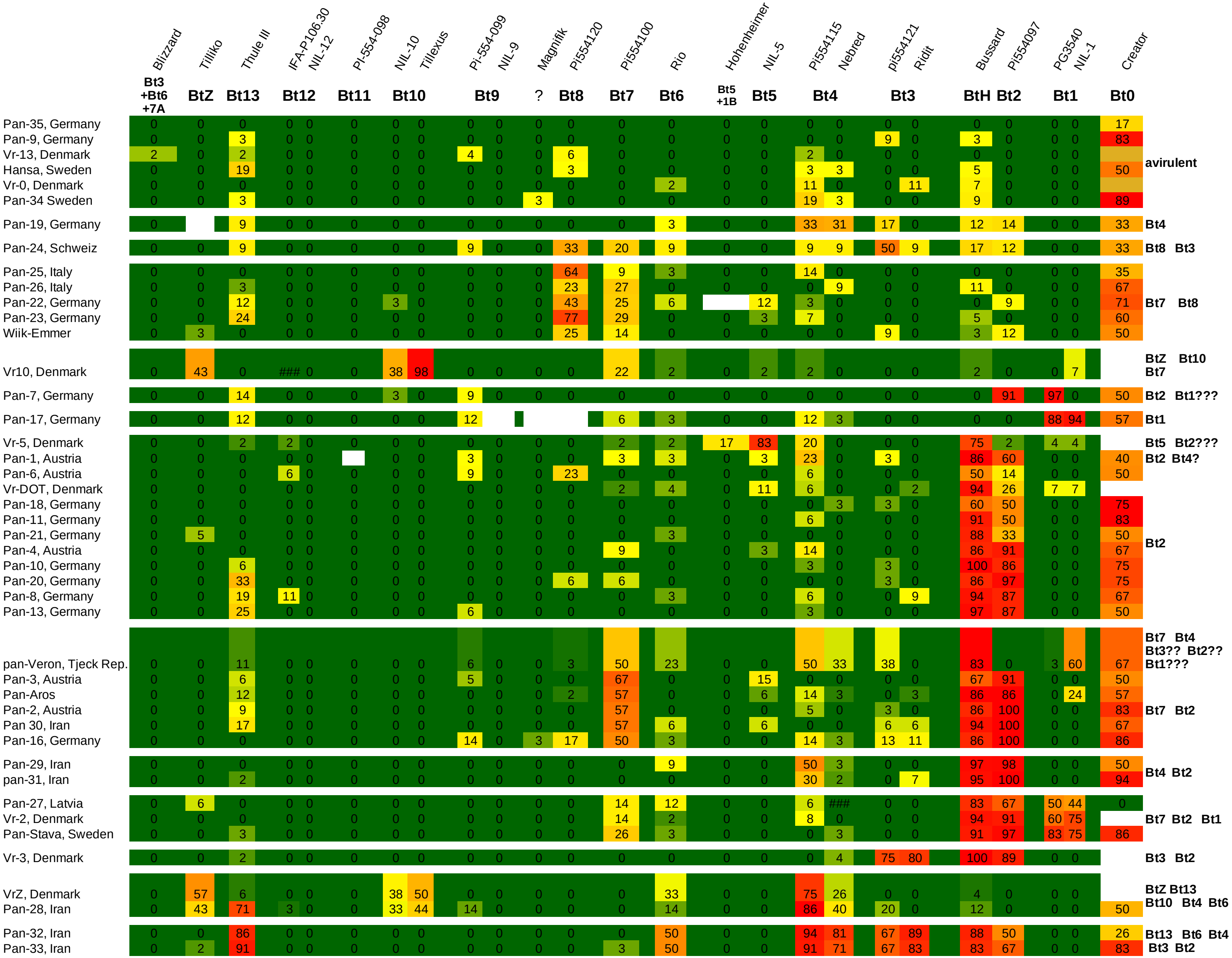
Pi554100		0,0	0,0	0,0	21,9	14,3	2,0	2,0	0,0	Bt7
CCP27		0,0	0,0	77,8	94,3	96,2	98,0	75,0	2,0	
Q*CharD*Bt11	10	0,0	0,0	0,0	90,0	85,7	94,3	14,3	2,0	
Q*CharD*Bt11	9	0,0	0,0	40,0	98,0	85,1	98,0	14,3	0,0	
CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0	66,7	96,8	90,9	28,6	Bt0
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9	36,4	85,7	42,9	60,0	
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2	96,2	80,0	71,4	75,0	
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0	37,5	Bt10
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	0,0	0,0	50,0	
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1	0,0	75,0	40,0	0,0	
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7	37,5	33,3	2,0	3,2	
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7	37,5	20,0	50,0	10,0	
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0	37,5	50,0	40,0	0,0	
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	2,0	0,0	
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	2,0	0,0	0,0	
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	0,0	0,0	0,0	
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0	2,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Analysis of a bi-parental population



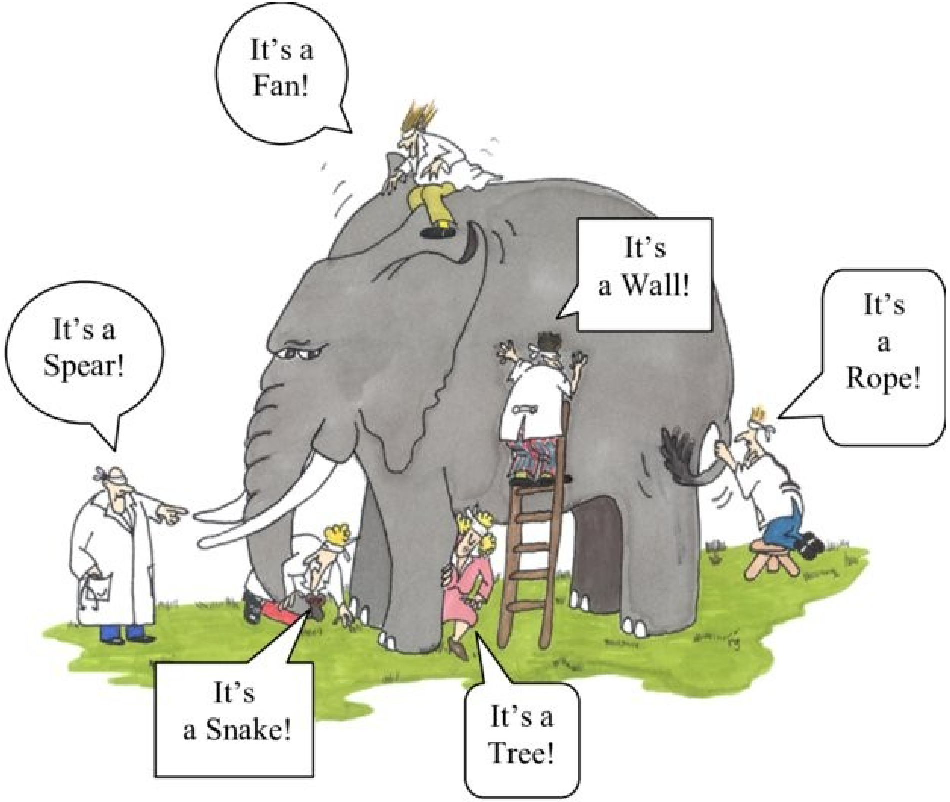
Pi554100		0,0	0,0	0,0	21,9	14,3	2,0	2,0	0,0	Bt7
CCP27		0,0	0,0	77,8	94,3	96,2	98,0	75,0	2,0	
Q*CharD*Bt11	10	0,0	0,0	0,0	90,0	85,7	94,3	14,3	2,0	
Q*CharD*Bt11	9	0,0	0,0	40,0	98,0	85,1	98,0	14,3	0,0	
CCP27*Ciavez	24	37,5	13,8	66,7	100,0	66,7	96,8	90,9	28,6	Bt0
CCP27*Ciavez	22	60,0	20,0	9,1	90,9	36,4	85,7	42,9	60,0	
CCP27*Ciavez	19	25,0	16,7	16,7	96,2	96,2	80,0	71,4	75,0	
NIL-10		0,0	0,0	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0	37,5	Bt10
Tillexus		0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	0,0	0,0	50,0	
XeWes	5A	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	5B	0,0	0,0	0,0	57,1	0,0	75,0	40,0	0,0	Bt7
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	2,0	66,7	37,5	33,3	2,0	3,2	
XeWes	m.stak u	0,0	0,0	0,0	66,7	37,5	20,0	50,0	10,0	
XeWes	7D	0,0	0,0	0,0	80,0	37,5	50,0	40,0	0,0	
XeWes	10	0,0	0,0	2,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Bt7 +Bt10
XeWes	15	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	19	0,0	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	21	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	24	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	25	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	27	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	28	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	31	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	32	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	35	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	2,0	0,0	0,0	
XeWes	36	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	39	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	40	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	2,0	0,0	
XeWes	41	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	45	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	46	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	2,0	0,0	0,0	
XeWes	51	0,0	0,0	0,0	75,0	3,8	0,0	0,0	0,0	
XeWes	52	0,0	0,0	0,0	75,0	2,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	54	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	56	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
XeWes	57	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Now we can map both Bt10 and Bt7!



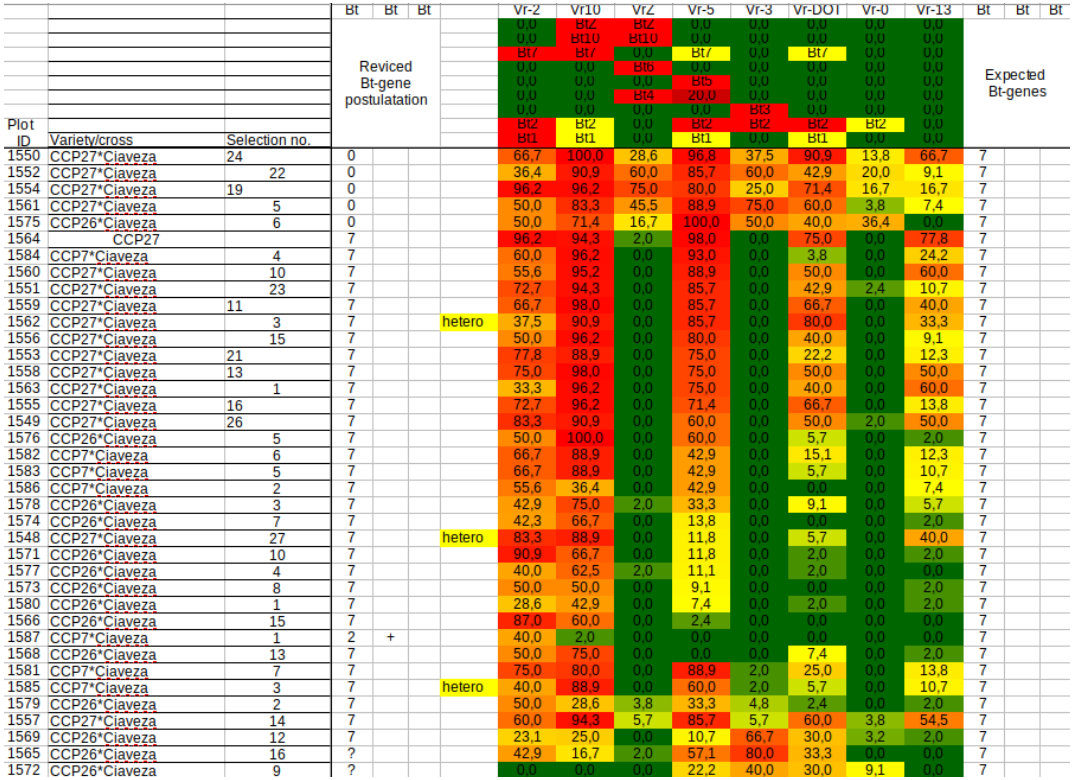
	Blizzard	Tilliko	Thule III	IFA-P106.30	NIL-12	PI-554-098	NIL-10	Tillexus	Pi-554-099	NIL-9	Magnifik	Pi554120	Pi554100	Rio	Hohenheimer	NIL-5	Pi554115	Nebred	pi554121	Ridit	Bussard	Pi554097	PG3540	NIL-1	Creator	
	Bt3 +Bt6 +7A	BtZ	Bt13	Bt12		Bt11	Bt10		Bt9		?	Bt8	Bt7	Bt6	Bt5 +1B	Bt5	Bt4		Bt3		BtH	Bt2	Bt1		Bt0	
Pan-35, Germany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
Pan-9, Germany	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3	0	0	0	83	
Vr-13, Denmark	2	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		**avirulent**
Hansa, Sweden	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	5	0	0	0	50	
Vr-0, Denmark	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	11	0	0	11	7	0	0	0		
Pan-34 Sweden	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	19	3	0	0	9	0	0	0	89	
Pan-19, Germany	0		9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	33	31	17	0	12	14	0	0	33	**Bt4**
Pan-24, Schweiz	0	0	9	0	0	0	0	0	9	0	0	33	20	9	0	0	9	9	50	9	17	12	0	0	33	**Bt8 Bt3**
Pan-25, Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	9	3	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	35	
Pan-26, Italy	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	23	27	0	0	0	0	9	0	0	11	0	0	0	67	
Pan-22, Germany	0	0	12	0	0	0	3	0	0	0	0	43	25	6		12	3	0	0	0	0	9	0	0	71	**Bt7 Bt8**
Pan-23, Germany	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	77	29	0	0	3	7	0	0	0	5	0	0	0	60	
Wiik-Emmer	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	14	0	0	0	0	0	9	0	3	12	0	0	50	
Vr10, Denmark	0	43	0	###	0	0	38	98	0	0	0	0	22	2	0	2	2	0	0	0	2	0	0	7		**BtZ Bt10** **Bt7**
Pan-7, Germany	0	0	14	0	0	0	3	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	97	0	50	**Bt2 Bt1???**
Pan-17, Germany	0	0	12	0	0	0	0	0	12				6	3	0	0	12	3	0	0	0	0	88	94	57	**Bt1**
Vr-5, Denmark	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	17	83	20	0	0	0	75	2	4	4		**Bt5 Bt2???**
Pan-1, Austria	0	0	0	0	0		0	0	3	0	0	0	3	3	0	3	23	0	3	0	86	60	0	0	40	**Bt2 Bt4?**
Pan-6, Austria	0	0	0	6	0	0	0	0	9	0	0	23	0	0	0	0	6	0	0	0	50	14	0	0	50	
Vr-DOT, Denmark	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	11	6	0	0	2	94	26	7	7		
Pan-18, Germany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	60	50	0	0	75	
Pan-11, Germany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	91	50	0	0	83	
Pan-21, Germany	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	88	33	0	0	50	
Pan-4, Austria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	3	14	0	0	0	86	91	0	0	67	**Bt2**
Pan-10, Germany	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	100	86	0	0	75	
Pan-20, Germany	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	3	0	86	97	0	0	75	
Pan-8, Germany	0	0	19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6	0	0	9	94	87	0	0	67	
Pan-13, Germany	0	0	25	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	97	87	0	0	50	
pan-Veron, Tjeck Rep.	0	0	11	0	0	0	0	0	6	0	0	3	50	23	0	0	50	33	38	0	83	0	3	60	67	**Bt7 Bt4** **Bt3?? Bt2??** **Bt1???**
Pan-3, Austria	0	0	6	0	0	0	0	0	5	0	0	0	67	0	0	15	0	0	0	0	67	91	0	0	50	
Pan-Aros	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	57	0	0	6	14	3	0	3	86	86	0	24	57	
Pan-2, Austria	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	5	0	3	0	86	100	0	0	83	**Bt7 Bt2**
Pan 30, Iran	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	6	0	6	0	0	6	6	94	100	0	0	67	
Pan-16, Germany	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	3	17	50	3	0	0	14	3	13	11	86	100	0	0	86	
Pan-29, Iran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	50	3	0	0	97	98	0	0	50	**Bt4 Bt2**
pan-31, Iran	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	2	0	7	95	100	0	0	94	
Pan-27, Latvia	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12	0	0	6	###	0	0	83	67	50	44	0	
Vr-2, Denmark	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2	0	0	8	0	0	0	94	91	60	75		**Bt7 Bt2 Bt1**
Pan-Stava, Sweden	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	3	0	0	0	3	0	0	91	97	83	75	86	
Vr-3, Denmark	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	75	80	100	89	0	0		**Bt3 Bt2**
VrZ, Denmark	0	57	6	0	0	0	38	50	0	0	0	0	0	33	0	0	75	26	0	0	4	0	0	0		**BtZ Bt13**
Pan-28, Iran	0	43	71	3	0	0	33	44	14	0	0	0	0	14	0	0	86	40	20	0	12	0	0	0	50	**Bt10 Bt4 Bt6**
Pan-32, Iran	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	94	81	67	89	88	50	0	0	26	**Bt13 Bt6 Bt4**
Pan-33, Iran	0	2	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	50	0	0	91	71	67	83	83	67	0	0	83	**Bt3 Bt2**

Compiling different sources of information



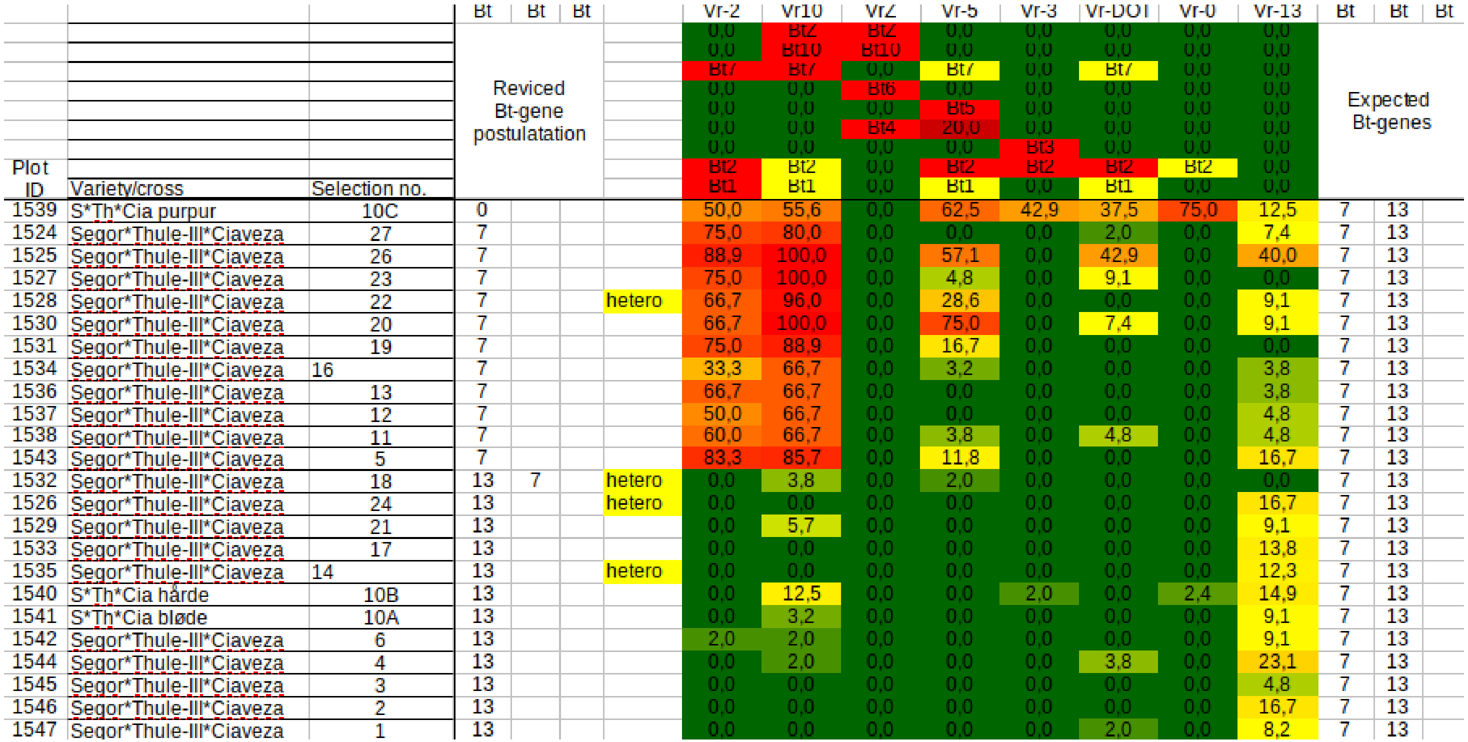
- Phenotyping
  - avoid pseudo replicates
- Parental information
  - are they credible?
- Marker information
  - are the positions credible?

Gene postulation: BT7

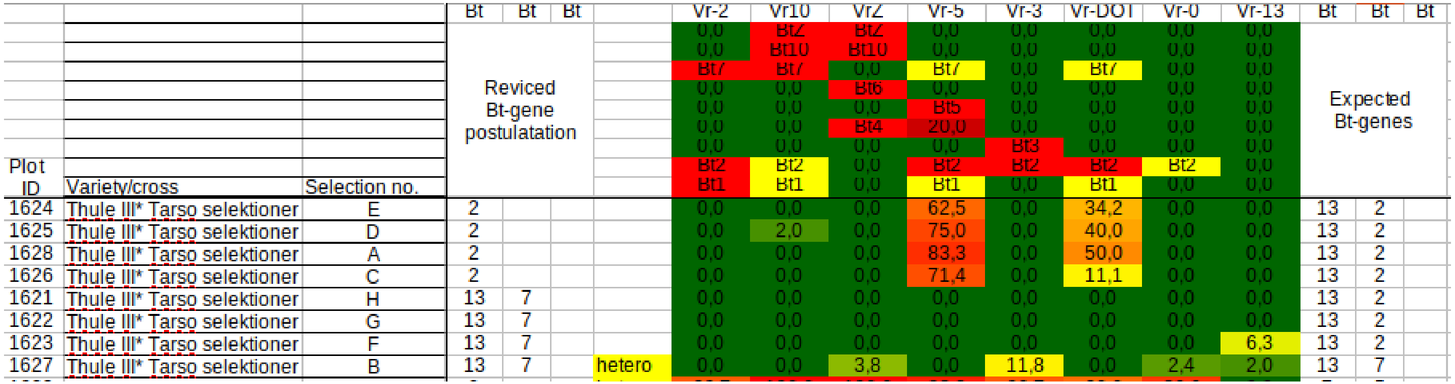


			Bt	Bt	Bt		Vr-2	Vr10	Vr2	Vr-5	Vr-3	Vr-DOT	Vr-0	Vr-13	Bt	Bt	Bt
			Reviced Bt-gene postulatation				0,0	Bt2	Bt2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Expected Bt-genes		
							0,0	Bt10	Bt10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							Bt7	Bt7	0,0	Bt7	0,0	Bt7	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	Bt5	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	0,0	Bt3	0,0	0,0	0,0			
							Bt2	Bt2	0,0	Bt2	Bt2	Bt2	Bt2	0,0			
Plot ID	Variety/cross	Selection no.					Bt1	Bt1	0,0	Bt1	0,0	Bt1	0,0	0,0			
1550	CCP27*Ciaveza	24	0				66,7	100,0	28,6	96,8	37,5	90,9	13,8	66,7	7		
1552	CCP27*Ciaveza	22	0				36,4	90,9	60,0	85,7	60,0	42,9	20,0	9,1	7		
1554	CCP27*Ciaveza	19	0				96,2	96,2	75,0	80,0	25,0	71,4	16,7	16,7	7		
1561	CCP27*Ciaveza	5	0				50,0	83,3	45,5	88,9	75,0	60,0	3,8	7,4	7		
1575	CCP26*Ciaveza	6	0				50,0	71,4	16,7	100,0	50,0	40,0	36,4	0,0	7		
1564	CCP27		7				96,2	94,3	2,0	98,0	0,0	75,0	0,0	77,8	7		
1584	CCP7*Ciaveza	4	7				60,0	96,2	0,0	93,0	0,0	3,8	0,0	24,2	7		
1560	CCP27*Ciaveza	10	7				55,6	95,2	0,0	88,9	0,0	50,0	0,0	60,0	7		
1551	CCP27*Ciaveza	23	7				72,7	94,3	0,0	85,7	0,0	42,9	2,4	10,7	7		
1559	CCP27*Ciaveza	11	7				66,7	98,0	0,0	85,7	0,0	66,7	0,0	40,0	7		
1562	CCP27*Ciaveza	3	7			hetero	37,5	90,9	0,0	85,7	0,0	80,0	0,0	33,3	7		
1556	CCP27*Ciaveza	15	7				50,0	96,2	0,0	80,0	0,0	40,0	0,0	9,1	7		
1553	CCP27*Ciaveza	21	7				77,8	88,9	0,0	75,0	0,0	22,2	0,0	12,3	7		
1558	CCP27*Ciaveza	13	7				75,0	98,0	0,0	75,0	0,0	50,0	0,0	50,0	7		
1563	CCP27*Ciaveza	1	7				33,3	96,2	0,0	75,0	0,0	40,0	0,0	60,0	7		
1555	CCP27*Ciaveza	16	7				72,7	96,2	0,0	71,4	0,0	66,7	0,0	13,8	7		
1549	CCP27*Ciaveza	26	7				83,3	90,9	0,0	60,0	0,0	50,0	2,0	50,0	7		
1576	CCP26*Ciaveza	5	7				50,0	100,0	0,0	60,0	0,0	5,7	0,0	2,0	7		
1582	CCP7*Ciaveza	6	7				66,7	88,9	0,0	42,9	0,0	15,1	0,0	12,3	7		
1583	CCP7*Ciaveza	5	7				66,7	88,9	0,0	42,9	0,0	5,7	0,0	10,7	7		
1586	CCP7*Ciaveza	2	7				55,6	36,4	0,0	42,9	0,0	0,0	0,0	7,4	7		
1578	CCP26*Ciaveza	3	7				42,9	75,0	2,0	33,3	0,0	9,1	0,0	5,7	7		
1574	CCP26*Ciaveza	7	7				42,3	66,7	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	2,0	7		
1548	CCP27*Ciaveza	27	7			hetero	83,3	88,9	0,0	11,8	0,0	5,7	0,0	40,0	7		
1571	CCP26*Ciaveza	10	7				90,9	66,7	0,0	11,8	0,0	2,0	0,0	2,0	7		
1577	CCP26*Ciaveza	4	7				40,0	62,5	2,0	11,1	0,0	2,0	0,0	0,0	7		
1573	CCP26*Ciaveza	8	7				50,0	50,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	2,0	7		
1580	CCP26*Ciaveza	1	7				28,6	42,9	0,0	7,4	0,0	2,0	0,0	2,0	7		
1566	CCP26*Ciaveza	15	7				87,0	60,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	7		
1587	CCP7*Ciaveza	1	2	+			40,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7		
1568	CCP26*Ciaveza	13	7				50,0	75,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	2,0	7		
1581	CCP7*Ciaveza	7	7				75,0	80,0	0,0	88,9	2,0	25,0	0,0	13,8	7		
1585	CCP7*Ciaveza	3	7			hetero	40,0	88,9	0,0	60,0	2,0	5,7	0,0	10,7	7		
1579	CCP26*Ciaveza	2	7				50,0	28,6	3,8	33,3	4,8	2,4	0,0	2,0	7		
1557	CCP27*Ciaveza	14	7				60,0	94,3	5,7	85,7	5,7	60,0	3,8	54,5	7		
1569	CCP26*Ciaveza	12	7				23,1	25,0	0,0	10,7	66,7	30,0	3,2	2,0	7		
1565	CCP26*Ciaveza	16	?				42,9	16,7	2,0	57,1	80,0	33,3	0,0	0,0	7		
1572	CCP26*Ciaveza	9	?				0,0	0,0	0,0	22,2	40,0	30,0	9,1	0,0	7		

Gene postulation: BT13

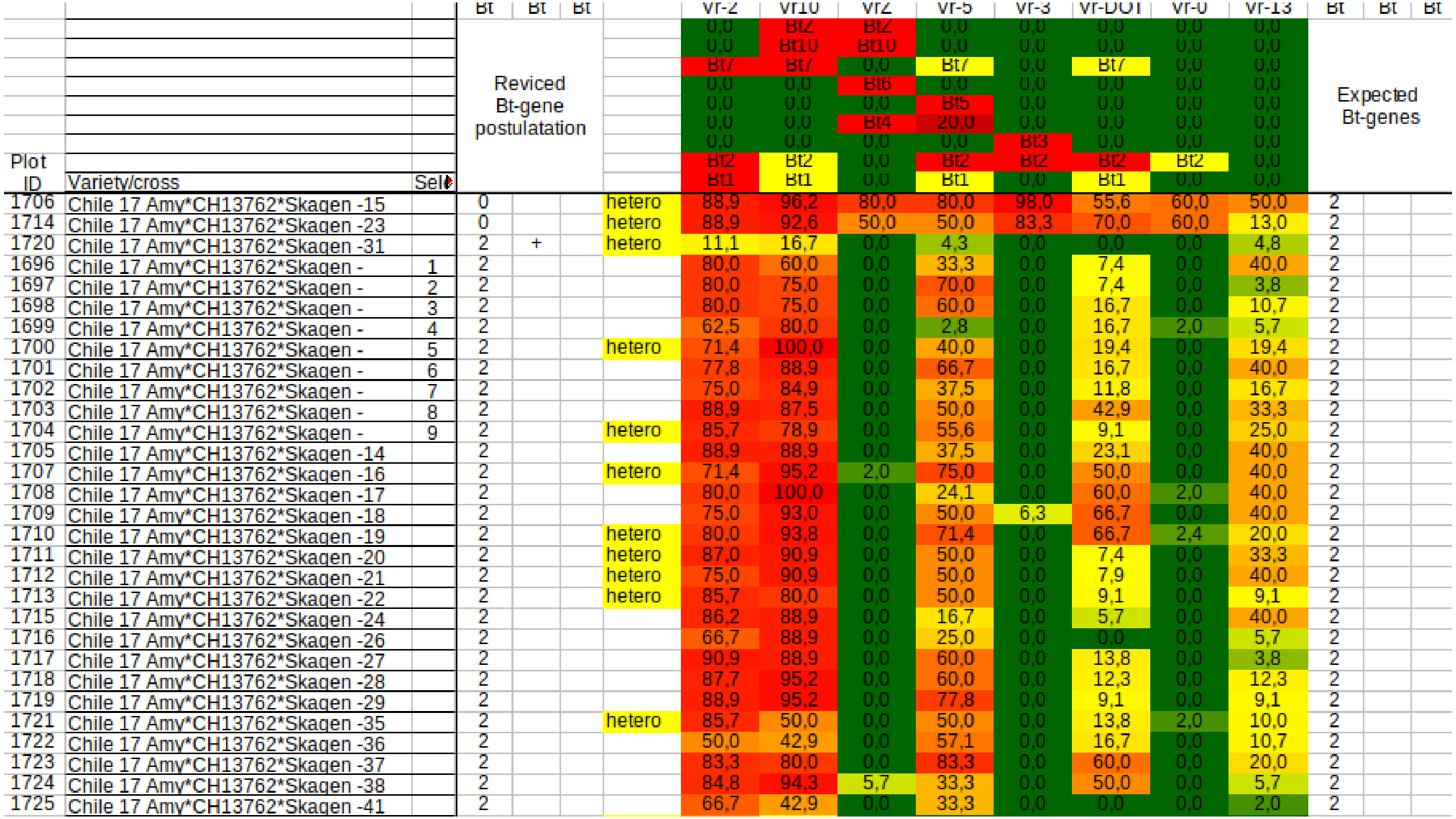


			Bt	Bt	Bt		Vr-2	Vr10	Vr2	Vr-5	Vr-3	Vr-DOI	Vr-0	Vr-13	Bt	Bt	Bt
			Reviced Bt-gene postulatation				0,0	Bt2	Bt2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Expected Bt-genes		
							0,0	Bt10	Bt10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							Bt7	Bt7	0,0	Bt7	0,0	Bt7	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	Bt5	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	0,0	Bt3	0,0	0,0	0,0			
							Bt2	Bt2	0,0	Bt2	Bt2	Bt2	Bt2	0,0			
Plot ID	Variety/cross	Selection no.					Bt1	Bt1	0,0	Bt1	0,0	Bt1	0,0	0,0			
1539	S*Th*Cia purpur	10C	0				50,0	55,6	0,0	62,5	42,9	37,5	75,0	12,5	7	13	
1524	Segor*Thule-III*Ciaveza	27	7				75,0	80,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	7,4	7	13	
1525	Segor*Thule-III*Ciaveza	26	7				88,9	100,0	0,0	57,1	0,0	42,9	0,0	40,0	7	13	
1527	Segor*Thule-III*Ciaveza	23	7				75,0	100,0	0,0	4,8	0,0	9,1	0,0	0,0	7	13	
1528	Segor*Thule-III*Ciaveza	22	7			hetero	66,7	96,0	0,0	28,6	0,0	0,0	0,0	9,1	7	13	
1530	Segor*Thule-III*Ciaveza	20	7				66,7	100,0	0,0	75,0	0,0	7,4	0,0	9,1	7	13	
1531	Segor*Thule-III*Ciaveza	19	7				75,0	88,9	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7	13	
1534	Segor*Thule-III*Ciaveza	16	7				33,3	66,7	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	3,8	7	13	
1536	Segor*Thule-III*Ciaveza	13	7				66,7	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	7	13	
1537	Segor*Thule-III*Ciaveza	12	7				50,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	7	13	
1538	Segor*Thule-III*Ciaveza	11	7				60,0	66,7	0,0	3,8	0,0	4,8	0,0	4,8	7	13	
1543	Segor*Thule-III*Ciaveza	5	7				83,3	85,7	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	16,7	7	13	
1532	Segor*Thule-III*Ciaveza	18	13	7		hetero	0,0	3,8	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7	13	
1526	Segor*Thule-III*Ciaveza	24	13			hetero	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	7	13	
1529	Segor*Thule-III*Ciaveza	21	13				0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	7	13	
1533	Segor*Thule-III*Ciaveza	17	13				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	7	13	
1535	Segor*Thule-III*Ciaveza	14	13			hetero	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	7	13	
1540	S*Th*Cia hårde	10B	13				0,0	12,5	0,0	0,0	2,0	0,0	2,4	14,9	7	13	
1541	S*Th*Cia bløde	10A	13				0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	7	13	
1542	Segor*Thule-III*Ciaveza	6	13				2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	7	13	
1544	Segor*Thule-III*Ciaveza	4	13				0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	23,1	7	13	
1545	Segor*Thule-III*Ciaveza	3	13				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	7	13	
1546	Segor*Thule-III*Ciaveza	2	13				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	7	13	
1547	Segor*Thule-III*Ciaveza	1	13				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	8,2	7	13	



			Bt	Bt	Bt		Vr-2	Vr10	Vr2	Vr-5	Vr-3	Vr-DOI	Vr-0	Vr-13	Bt	Bt	Bt
			Reviced Bt-gene postulatation				0,0	Bt2	Bt2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Expected Bt-genes		
							0,0	Bt10	Bt10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							Bt7	Bt7	0,0	Bt7	0,0	Bt7	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	Bt5	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	0,0	Bt3	0,0	0,0	0,0			
							Bt2	Bt2	0,0	Bt2	Bt2	Bt2	Bt2	0,0			
Plot ID	Variety/cross	Selection no.					Bt1	Bt1	0,0	Bt1	0,0	Bt1	0,0	0,0			
1624	Thule III* Tarso selektioner	E	2				0,0	0,0	0,0	62,5	0,0	34,2	0,0	0,0	13	2	
1625	Thule III* Tarso selektioner	D	2				0,0	2,0	0,0	75,0	0,0	40,0	0,0	0,0	13	2	
1628	Thule III* Tarso selektioner	A	2				0,0	0,0	0,0	83,3	0,0	50,0	0,0	0,0	13	2	
1626	Thule III* Tarso selektioner	C	2				0,0	0,0	0,0	71,4	0,0	11,1	0,0	0,0	13	2	
1621	Thule III* Tarso selektioner	H	13	7			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	2	
1622	Thule III* Tarso selektioner	G	13	7			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13	2	
1623	Thule III* Tarso selektioner	F	13	7			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	13	2	
1627	Thule III* Tarso selektioner	B	13	7		hetero	0,0	0,0	3,8	0,0	11,8	0,0	2,4	2,0	13	7	

Gene postulation: BT2



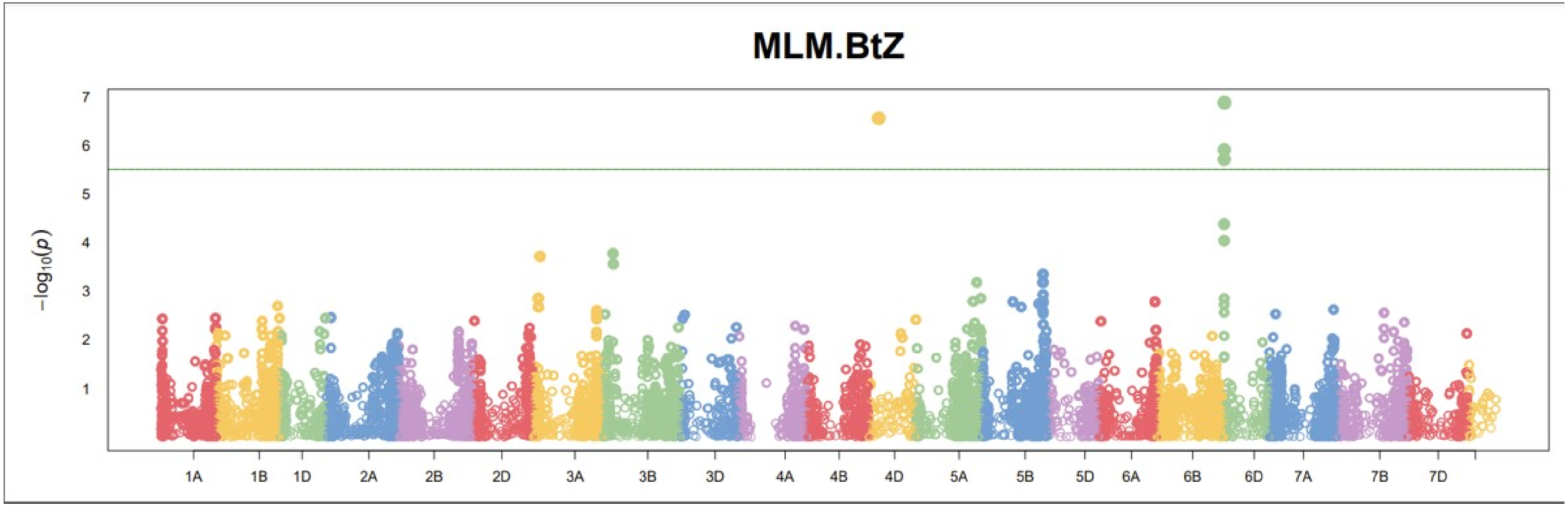
Plot ID	Variety/cross	Sel	Bt	Bt	Bt		Vr-2	Vr10	Vr2	Vr-5	Vr-3	Vr-DOT	Vr-0	Vr-13	Bt	Bt	Bt
			Reviced Bt-gene postulatation				0,0	Bt2	Bt2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Expected Bt-genes		
							0,0	Bt10	Bt10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							Bt7	Bt7	0,0	Bt7	0,0	Bt7	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	Bt5	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	Bt4	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
							0,0	0,0	0,0	0,0	Bt3	0,0	0,0	0,0			
							Bt2	Bt2	0,0	Bt2	Bt2	Bt2	Bt2	0,0			
							Bt1	Bt1	0,0	Bt1	0,0	Bt1	0,0	0,0			
1706	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -15		0			hetero	88,9	96,2	80,0	80,0	98,0	55,6	60,0	50,0	2		
1714	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -23		0			hetero	88,9	92,6	50,0	50,0	83,3	70,0	60,0	13,0	2		
1720	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -31		2	+		hetero	11,1	16,7	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	4,8	2		
1696	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	1	2				80,0	60,0	0,0	33,3	0,0	7,4	0,0	40,0	2		
1697	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	2	2				80,0	75,0	0,0	70,0	0,0	7,4	0,0	3,8	2		
1698	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	3	2				80,0	75,0	0,0	60,0	0,0	16,7	0,0	10,7	2		
1699	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	4	2				62,5	80,0	0,0	2,8	0,0	16,7	2,0	5,7	2		
1700	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	5	2			hetero	71,4	100,0	0,0	40,0	0,0	19,4	0,0	19,4	2		
1701	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	6	2				77,8	88,9	0,0	66,7	0,0	16,7	0,0	40,0	2		
1702	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	7	2				75,0	84,9	0,0	37,5	0,0	11,8	0,0	16,7	2		
1703	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	8	2				88,9	87,5	0,0	50,0	0,0	42,9	0,0	33,3	2		
1704	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -	9	2			hetero	85,7	78,9	0,0	55,6	0,0	9,1	0,0	25,0	2		
1705	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -14		2				88,9	88,9	0,0	37,5	0,0	23,1	0,0	40,0	2		
1707	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -16		2			hetero	71,4	95,2	2,0	75,0	0,0	50,0	0,0	40,0	2		
1708	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -17		2				80,0	100,0	0,0	24,1	0,0	60,0	2,0	40,0	2		
1709	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -18		2				75,0	93,0	0,0	50,0	6,3	66,7	0,0	40,0	2		
1710	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -19		2			hetero	80,0	93,8	0,0	71,4	0,0	66,7	2,4	20,0	2		
1711	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -20		2			hetero	87,0	90,9	0,0	50,0	0,0	7,4	0,0	33,3	2		
1712	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -21		2			hetero	75,0	90,9	0,0	50,0	0,0	7,9	0,0	40,0	2		
1713	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -22		2			hetero	85,7	80,0	0,0	50,0	0,0	9,1	0,0	9,1	2		
1715	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -24		2				86,2	88,9	0,0	16,7	0,0	5,7	0,0	40,0	2		
1716	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -26		2				66,7	88,9	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	5,7	2		
1717	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -27		2				90,9	88,9	0,0	60,0	0,0	13,8	0,0	3,8	2		
1718	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -28		2				87,7	95,2	0,0	60,0	0,0	12,3	0,0	12,3	2		
1719	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -29		2				88,9	95,2	0,0	77,8	0,0	9,1	0,0	9,1	2		
1721	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -35		2			hetero	85,7	50,0	0,0	50,0	0,0	13,8	2,0	10,0	2		
1722	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -36		2				50,0	42,9	0,0	57,1	0,0	16,7	0,0	10,7	2		
1723	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -37		2				83,3	80,0	0,0	83,3	0,0	60,0	0,0	20,0	2		
1724	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -38		2				84,8	94,3	5,7	33,3	0,0	50,0	0,0	5,7	2		
1725	Chile 17 Amy*CH13762*Skagen -41		2				66,7	42,9	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	2,0	2		

Genotyping and phenotyping data

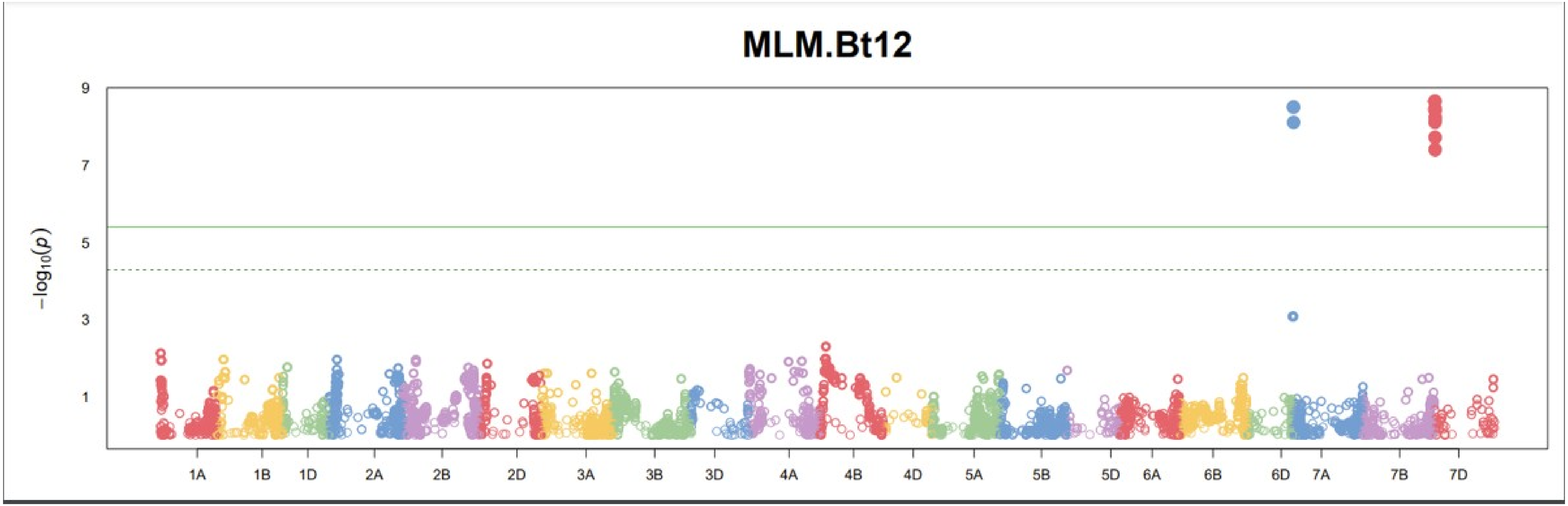
from LIVESEED, BOOST/DIVERSILIENCE, NordGen, ECOBREED
and the Bunt Consortium

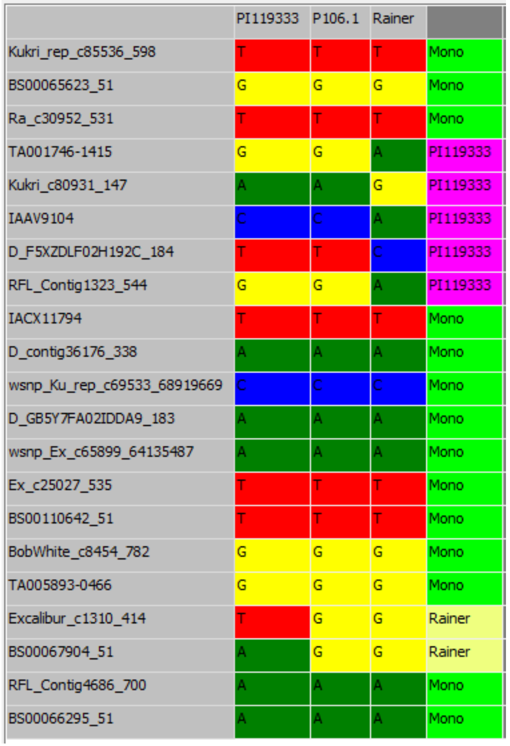
- Gene postulations of 1187 breeding lines and varieties, including NILs of Bt1, Bt4, Bt5, Bt6, Bt9 and Bt11
- tested with 8 races
  - virulence to: Bt1, Bt2,Bt3, Bt5, Bt7, Bt10, BtZ and Bt13
  - avirulent to: Bt4, Bt6, Bt8, Bt9, Bt11, Bt12 and BtP

Manhattan plot of lines postulated with BT-Z



Manhattan plot of lines postulated with BT12





	PI119333	P106.1	Rainer	
Kukri_rep_c85536_598	T	T	T	Mono
BS00065623_51	G	G	G	Mono
Ra_c30952_531	T	T	T	Mono
TA001746-1415	G	G	A	PI119333
Kukri_c80931_147	A	A	G	PI119333
IAAV9104	C	C	A	PI119333
D_F5XZDLF02H192C_184	T	T	C	PI119333
RFL_Contig1323_544	G	G	A	PI119333
IACX11794	T	T	T	Mono
D_contig36176_338	A	A	A	Mono
wsnp_Ku_rep_c69533_68919669	C	C	C	Mono
D_GB5Y7FA02IDDA9_183	A	A	A	Mono
wsnp_Ex_c65899_64135487	A	A	A	Mono
Ex_c25027_535	T	T	T	Mono
BS00110642_51	T	T	T	Mono
BobWhite_c8454_782	G	G	G	Mono
TA005893-0466	G	G	G	Mono
Excalibur_c1310_414	T	G	G	Rainer
BS00067904_51	A	G	G	Rainer
RFL_Contig4686_700	A	A	A	Mono
BS00066295_51	A	A	A	Mono

Bt1

- Diff. line: PI554101
- Virulence: 13%
- Chromosome: 2B
- Position (size):

799.991.797-809.152.216
(9.160.419)

- False negative: 9%
- False positive: 24%

Markers:

Excalibur_c48404_59	C
wsnp_Ex_c15646_23969140	A
BS00065302_51	G
AX-94890379	G
BS00083998_51	G
Ra_c105904_187	C
Ra_c105904_1191	G
AX-158610188	A
AX-94808568	G
AX-158562114	C
Kukri_c49784_86	A
Excalibur_rep_c106698_235	A
BS00065264_51	G
Excalibur_c25043_357	A
Kukri_c900_1334	T

Bt2

- Diff. line: PI 554103
- Virulence: 50%
- Chromosome: 1D + 7B
- Position (size):

Solstice: 1D: 41.460.359-70.406.911 (28.946.552)

Bussard: 1D: 278.264.596-312.620.732 (34.356.136)

Skagen (7A): 674.243.562-675.374.652 (1.131.090)

Markers:

AX-94892080	A
wsnp_CAP11_c1043_618449	C
AX-94939596	C
AX-94692978	C
tplb0044p22_2330	C
tplb0044p22_2257	G
AX-158571869	C
D_GBUVHFX01ANH44_230	T
wsnp_CAP11_rep_c4017_1896	T
AX-94458136	G
IACX11153	C
AX-94881152	T
AX-111044340	A
IAAV4794	G
IAAV5348	A
RAC875_c8932_740	T
RAC875_rep_c81479_191	C
BS00033405_51	A
Kukri_c6167_1271	G
AX-108781521	A
RAC875_c35094_476	T
AX-158571936	A
Ku_c9864_772	A
BS00065722_51	G
BS00074817_51	G
BS00096547_51	G
AX-158571937	T
TA001473-0980	A
BS00031658_51	C
BS00051826_51	T
RAC875_c17951_108	C
Excalibur_c5958_1270	C
Excalibur_c5958_1398	A
BS00094471_51	A
AX-94456991	T
AX-158608096	C
BS00067706_51	G
AX-158571753	A

TA003135-0494	T
AX-158540353	C
Excalibur_c54055_694	C
AX-158540354	T

RAC875_c37085_317	A
Kukri_c24408_743	T
JD_c149_1700	T
BobWhite_c1201_384	T

Bt3

- Diff. line: Ridit
- Virulence: 10%
- Chromosome: 1A
- Position (size):

498.451.021- 506.854.738 (8.403.717)

Markers:

CAP12_c1906_217	T
RAC875_rep_c112044_340	C
TA003955-1138	A
BS00094553_51	A
Kukri_rep_c117029_125	C
RAC875_c29540_1109	A
wsnp_Ex_rep_c108951_91954	G
BS00021728_51	C
RAC875_c37545_289	G
Kukri_c29039_315	T
wsnp_Ku_c10292_17066821	T

Bt4 and Bt6

- Diff. line: PI554101
- Virulence: 10%
- Chromosome: 1B
- Position (size):

Bt4: 1.195.932-75.661.070 (74.465.138)

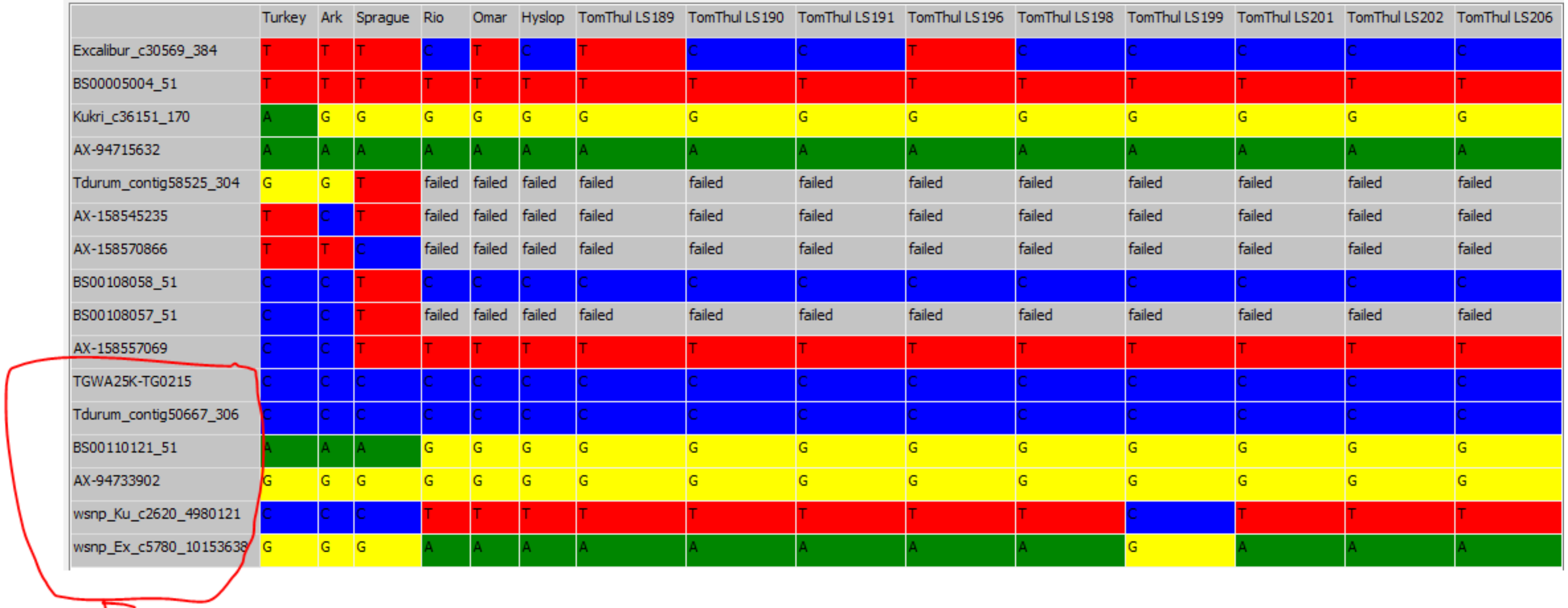
Bt6: 16.466.442-25.179.826 (8.713.384)

Markers:

BS00011695_51	A
RAC875_c15942_571	C
Tdurum_contig78972_316	G
Tdurum_contig50667_306	C
Excalibur_c3270_1566	A

AX-94674257	C
Excalibur_c21898_1423	C
BS00050522_51	T
BS00076192_51	G
AX-158540295	T
BS00022504_51	A
BS00083177_51	A
Excalibur_c30569_384	T
BS00005004_51	T
Kukri_c36151_170	A
AX-94715632	A
BS00108058_51	C
TGWA25K-TG0215	C
Tdurum_contig50667_306	C
BS00110121_51	A
AX-94733902	G
wsnp_Ex_c5780_10153638	G
AX-94484295	G
AX-158570941	C
BS00022590_51	G
AX-158561105	A
Kukri_rep_c100936_449	C
Excalibur_c95656_129	T
RFL_Contig1081_570	G
Tdurum_contig82187_189	T
BS00105606_51	G
AX-158570978	C
wsnp_Ex_c2111_3963161	G
AX-158521565	A
AX-158521551	G
AX-158570814	C
AX-158521482	T
AX-158557026	A
AX-158557037	G
AX-158570810	C
BS00093231_51	A
AX-158570811	T
AX-158521473	T
Kukri_c43552_443	C
AX-94490145	A
Ra_c455_283	T
BS00010992_51	T
Ra_c15153_324	T
wsnp_BE399980B_Ta_2_1	G
BS00063574_51	T
BS00022218_51	G
wsnp_BE443531B_Ta_1_1	T
AX-158556915	A
AX-95248610	A
BS00022317_51	A
AX-158570854	C
AX-110035800	A
AX-109447012	C
AX-158545071	T

Bt4 and Bt6



	Turkey	Ark	Sprague	Rio	Omar	Hyslop	TomThul LS189	TomThul LS190	TomThul LS191	TomThul LS196	TomThul LS198	TomThul LS199	TomThul LS201	TomThul LS202	TomThul LS206
Excalibur_c30569_384	T	T	T	C	T	C	T	C	C	T	C	C	C	C	C
BS00005004_51	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Kukri_c36151_170	A	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
AX-94715632	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Tdurum_contig58525_304	G	G	T	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed
AX-158545235	T	C	T	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed
AX-158570866	T	T	C	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed
BS00108058_51	C	C	T	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
BS00108057_51	C	C	T	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed	failed
AX-158557069	C	C	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
TGWA25K-TG0215	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tdurum_contig50667_306	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
BS00110121_51	A	A	A	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
AX-94733902	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
wsnp_Ku_c2620_4980121	C	C	C	T	T	T	T	T	T	T	T	C	T	T	T
wsnp_Ex_c5780_10153638	G	G	G	A	A	A	A	A	A	A	A	G	A	A	A

Bt4

Bt5, Trintella and Hohenheimer extra

- Diff. line: ~~Hohenheimer~~ Tommi (Globus, Genius)
- Virulence: 2%
- Chromosome: 1B
- Position (size):

130.128.078 - 283.930.031 (153.801.953)

Hohenheimer-extra:

1B: 151.666.471-283.929.982 (132.263.511)

1B: 435.463.630-438.415.594 (2.951.964)

Trintella: ?

Markers:

BS00090553_51	A
AX-89408440	G
BS00003575_51	T
BS00068512_51	T
BS00068246_51	G
BS00022218_51	G
AX-158540319	G
BS00097433_51	T
BS00066165_51	G
BS00022625_51	G
BS00106581_51	G
AX-158556915	A
AX-110422876	C
AX-95248610	A
RAC875_rep_c72356_51	C
AX-158561162	C
AX-158555575	T
Kukri_c19709_383	T
AX-158561091	C
wsnp_BE637864B_Ta_1_1	G
AX-94470119	A
AX-158540267	C
Kukri_c147_1620	G
BS00022317_51	A
AX-158561110	G
AX-158570854	C
AX-110035800	A
Kukri_rep_c105316_262	T
AX-158520903	G
AX-109447012	C
BS00091191_51	G
AX-109342634	A
AX-108921445	G
AX-158540090	A
AX-111514779	C

AX-158520948	T
AX-89339341	T
AX-158544874	T
BS00078228_51	C
AX-94540417	G
BS00022089_51	A
BS00033681_51	T
AX-158570368	G
AX-110943874	G
AX-95204890	G

Bt7

- Diff. line: PI 554100

(Tambor, Quarna, Fiorina)

- Virulence: 30%
- Chromosome: 2D
- Position (size):

621.068.206 622.542.240 (1.474.034)

- False negative: 13%
- False positive: 28%

Markers:

RAC875_c30919_311	G
RAC875_rep_c114621_200	C
wsnp_Ex_c42970_49408712	A

Bt8

- Diff. line: PI 554120
- Virulence: 8%
- Chromosome: maybe 6D
- Position (size): ?

Markers:

Bt9

- Diff. line: PI 554099
- Virulence: 0-2%
- Chromosome: 6D
- Position (size):

490.707.469-490.889.316 (181.847)

Markers:

Kukri_c79905_731	G
Kukri_rep_c107605_164	T
wsnp_CAP8_rep_c4586_22328	C
Tdurum_contig8030_335	C
wsnp_CAP7_c1735_859875	G
wsnp_CAP7_c1735_859744	T
AX-94589700	A

Bt10 and BtZ

- Diff. line: Bt10: PI 554118
- Virulence: 5%
- Chromosome: 6D
- Position (size):

Bt10: 477.348.201-495.158.655 (17.810.454)

BtZ: 3.118.642-4.572.453 (1.453.811)

Markers:

RAC875_c7178_404	C
wsnp_Ku_c19587_29102203	G
CAP7_c1208_150	T
wsnp_Ex_c14439_22426200	C
TA002853-0110-w	A
Kukri_c55362_75	A
AX-108746724	C
Excalibur_c7731_2743	A
AX-158531240	C

RAC875_rep_c118305_446	C
Excalibur_c7731_2743	G
AX-158531240	T
Kukri_c73802_205	A

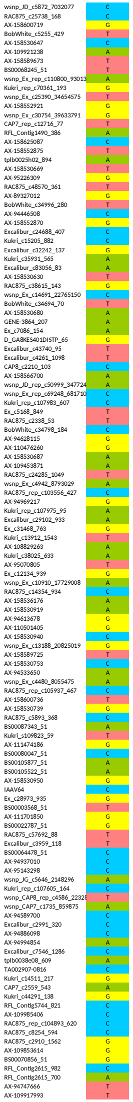
Bt11 + Bt11-extra

- Diff. line: ~~PI 554119~~
- Virulence: 0%
- Chromosome: 3D + 6D
- Position (size):

6D: 477.348.201-495.158.655 (17.810.454)

(=Bt9?)

Markers:



wsnp_JD_c5872_7032077	C
RAC875_c25738_168	C
AX-158600719	G
BobWhite_c5255_429	T
AX-158530647	C
AX-109921238	A
AX-158589673	T
BS00068245_51	T
wsnp_Ex_rep_c110800_93013	A
Kukri_rep_c70361_193	G
wsnp_Ex_c25390_34654575	T
AX-158552921	G
wsnp_Ex_c30754_39633791	G
CAP7_rep_c12716_77	T
RFL_Contig1490_386	A
AX-158625087	C
AX-158552875	T
tplb0025h02_894	A
AX-158530669	T
AX-95226309	G
RAC875_c48570_361	T
AX-89327012	G
BobWhite_c34996_280	T
AX-94446508	C
AX-158552870	G
Excalibur_c24688_407	C
Kukri_c15205_882	C
Excalibur_c32242_137	G
Kukri_c35931_565	A
Excalibur_c83056_83	A
AX-158530630	T
RAC875_c38615_143	G
wsnp_Ex_c14691_22765150	C
BobWhite_c34694_70	T
AX-158530680	A
GENE-3864_207	A
Ex_c7086_154	A
D_GA8KES401DISTP_65	G
Excalibur_c43740_95	T
Excalibur_c4261_1098	T
CAP8_c2210_103	C
AX-158566700	A
wsnp_JD_rep_c50999_347724	A
wsnp_Ex_rep_c69248_681710	C
Kukri_rep_c107983_607	C
Ex_c5168_849	T
RAC875_c2338_53	T
BobWhite_c34798_184	C
AX-94628115	G
AX-110476260	G
AX-158530687	A
AX-109453871	A
RAC875_c24285_1049	T
wsnp_Ex_c4942_8793029	A
RAC875_rep_c103556_427	C
AX-94969217	G
Kukri_rep_c107975_95	A
Excalibur_c29102_933	A
Ex_c31468_763	G
Kukri_c13912_1543	T
AX-108829263	A
Kukri_c38025_633	A
AX-95070805	T
Ex_c12134_939	G
wsnp_Ex_c10910_17729008	A
RAC875_c14354_934	C
AX-158536176	A
AX-158530919	A
AX-94613678	G
AX-110501405	G
AX-158530940	C
wsnp_Ex_c13188_20825019	G
AX-158589725	T
AX-158530753	C
AX-94533650	A
wsnp_Ex_c4480_8055475	A
RAC875_rep_c105937_467	C
AX-158600736	T
AX-158530739	G
RAC875_c5893_368	C
BS00087343_51	A
Kukri_s109823_59	T
AX-111474186	G
BS00080047_51	C
BS00105877_51	A
BS00105522_51	A
AX-158530950	G
IAAV64	C
Ex_c28973_935	G
BS00003568_51	T
AX-111701850	G
BS00022787_51	G
RAC875_c57692_88	T
Excalibur_c3959_118	T
BS00064478_51	C
AX-94937010	C
AX-95143298	C
wsnp_JG_c5646_2148296	A
Kukri_rep_c107605_164	C
wsnp_CAP8_rep_c4586_22328	T
wsnp_CAP7_c1735_859875	A
AX-94589700	C
Excalibur_c2991_320	C
AX-94886098	C
AX-94994854	A
Excalibur_c7546_1286	C
tplb0038e08_609	A
TA002907-0816	C
Kukri_c14511_217	G
CAP7_c2559_543	A
Kukri_c44291_138	G
RFL_Contig5744_821	C
AX-109985406	C
RAC875_rep_c104893_620	C
RAC875_c8254_594	C
RAC875_c2910_1562	G
AX-109853614	G
BS00070856_51	G
RFL_Contig2615_982	C
RFL_Contig2615_700	A
AX-94747666	T
AX-109917993	T

Bt12

- Diff. line: ~~PI119333~~ (2-3 genes)
- Virulence: 0%
- Chromosome: 7D
- Position (size):

7D: 6.820.874-21.202.036
(14.381.162)

Markers:

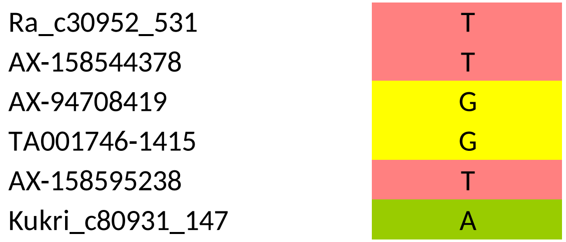
TA001746-1415	G
AX-158595238	T
Kukri_c80931_147	A
IAAV9104	C
AX-95173145	A
AX-111707392	T
RFL_Contig1323_544	G
IACX11794	T
AX-158594814	A
D_contig36176_338	A
wsnp_Ku_rep_c69533_689196	C
D_GB5Y7FA02IDDA9_183	A
wsnp_Ex_c65899_64135487	A
AX-111070966	A
Ex_c25027_535	T
BS00110642_51	T
AX-94599890	T
AX-94930280	A
BobWhite_c8454_782	G
AX-95229555	T
AX-94411546	T
AX-158601965	C
Excalibur_c1310_414	G

Bt13

- Diff. line: Thule III
- Virulence: 7%
- Chromosome: 7D
- Position (size):

7D: 5.542.839-7.432.654 (1.889.815)

Markers:



Ra_c30952_531	T
AX-158544378	T
AX-94708419	G
TA001746-1415	G
AX-158595238	T
Kukri_c80931_147	A

Bonus genes at 7A

- Virulence: ?
- Chromosome: 7A
- Position (size):
- From Quebon:

674.243.562-675.374.652 (1.131.090)

- From Blizzard:

623.904.095-728.815.254 (104.911.159)

Markers:

RAC875_c37085_317	A
Kukri_c24408_743	T
JD_c149_1700	T
BobWhite_c1201_384	T

IAAV5550	C
BS00084193_51	C
Kukri_c28968_130	G
BS00105531_51	C
BS00027226_51	A
BS00002510_51	T
BS00067682_51	C
Tdurum_contig42487_1555	C
BS00068033_51	C
Kukri_c51453_406	T

other genes

- Bt14= Doubbi-res.
- Bt15= Carleton-res.
- BtP
- Hope is temperature dependent in spring wheat
- Nexon spelt
- Macha resistance

Translocations:

- Erythrospermum 5221: translocation from Agropyrum
- Lutescens 6028: 2-gene translocation from Agropyrum
- Nardi: 1A1R and others
- CIMMYT synthetic lines

European resistance breeding

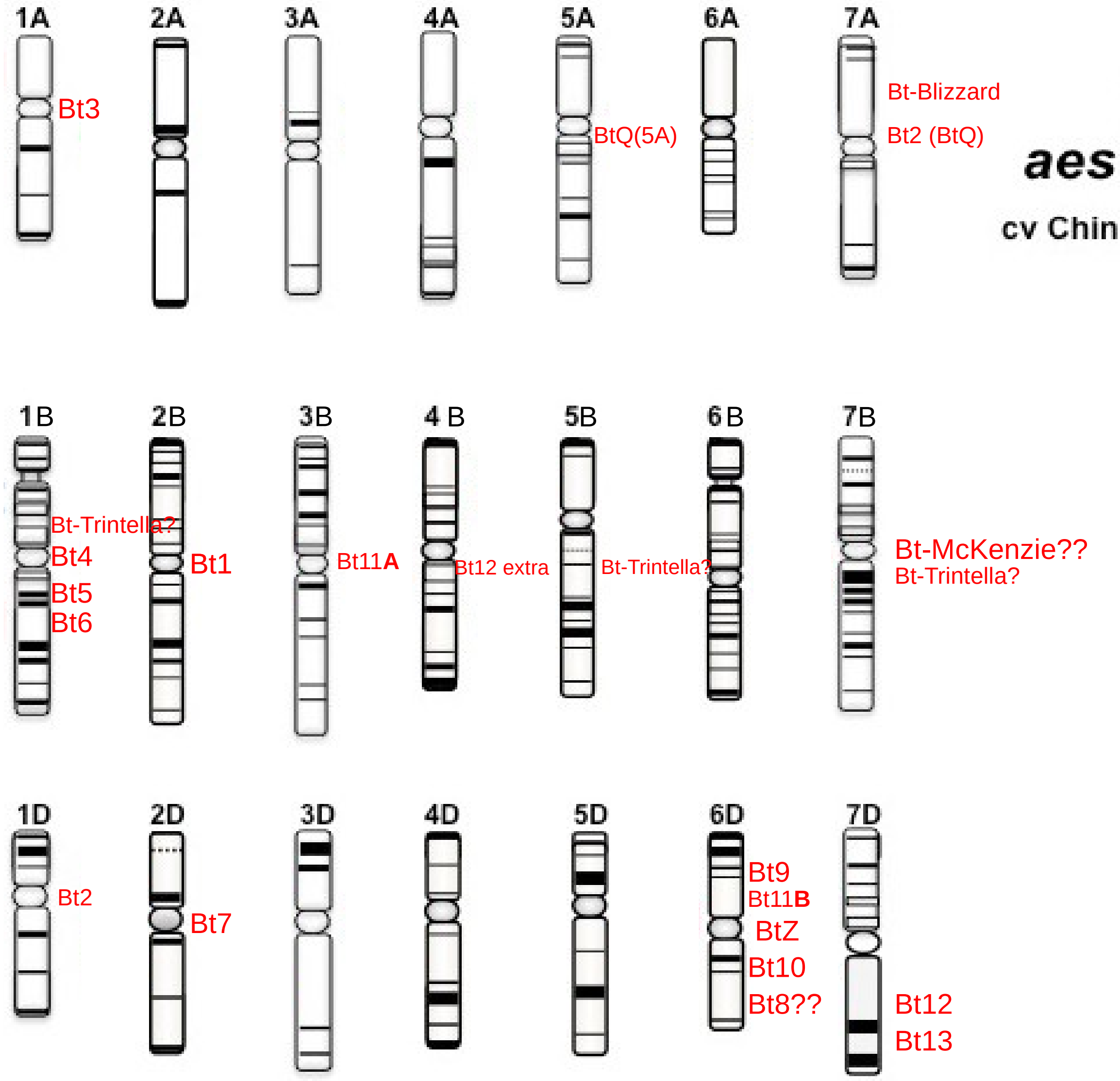
Variety	Type	Breeder	Year of release	Seed Company	Resistance Gene(s)
Apostel	Winter	IG-Pflanzenzucht			Bt5
Aristaro	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2016	Bioland Handelsgesellschaft	Bt9+
Axano JB Asano???	Winter	Saatzucht Donau	2020	RWA Austria	Bt5
Bosporus	Winter	Breun			Bt5
Brandex (OHM)	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2022	Bioland Handelsgesellschaft	Bt7
Bussard	Winter	KWS	1990		Bt2
Butaro	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2009	Bioland Handelsgesellschaft	Bt2
Curier	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2019	Bioland Handelsgesellschaft	
Festival	Winter	Lantmännen			Bt8+Bt9?
Fiorina	Spring	Agroscope	2001	Delley Samen und Pflanzen AG	Bt7
Florian	Winter	SaatenUnion			??
Fritop	Winter	Cultivari		Nordic Seed	BtZ+?
Genius	Winter	SaatenUnion		Nordsaat Saatzuchtgesellschaft GmbH	Bt5
Grannosos	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2020	Bioland Handelsgesellschaft	Bt2
Graziaro	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2016	Bioland Handelsgesellschaft	BtZ
Hallfreda	Winter	Lantmännen			Bt8+Bt9?
LG Initial	Winter	Limagrain Europe S.A.			Bt5
Liocharls (OHM)	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2022	Bioland Handelsgesellschaft	Bt7
Mariagertoba (OHM)	Spring	Agrologica	2022	Landsorten	Bt7
Popkorn (OHM)	Winter	Agrologica	2022	Landsorten	Mixed resistance
Quarna	Spring	Agroscope	2002	Delley Samen und Pflanzen AG	Bt7
Roderik	Winter	Cultivari		Oeko-Korn-Nord, Germany	Bt7
Sailor	Winter	Agroscope	2015	Delley Samen und Pflanzen AG	Bt7
Sarastro	Winter	Cultivari		Oeko-Korn-Nord, Germany	BtZ
Segor	Spring	Agroscope	2002	Delley Samen und Pflanzen AG	Bt7
Spontan	Winter	Limagrain Europe S.A.			Bt5
Stava	Winter	Lantmännen	1990		Bt8+Bt9
SW Magnifik	Winter	Lantmännen			??
Thomaro	Winter	Landbauschule Dottenfelderhof eV	2018	Bioland Handelsgesellschaft	Bt7
Tillexus	Winter	Saatzücht Donau	2018	Saatbau Linz	Bt10
Tilliko	Winter	Cultivari		RWA Austria	BtZ
Tillsano	Winter	Saatzücht Donau	2020	Probstdorfer Saatzucht	Bt5
Tillstop	Winter	Saatzücht Donau		Probstdorfer Saatzucht	Bt10
Trebelir	Winter	Cultivari		Oeko-Korn-Nord, Germany	Bt7
WPB Calgary	Winter	Wiersum PB			Bt5

5-7 genes actively used:
Bt2, Bt5, Bt7, Bt9(+8?), Bt10/Z

Gene	**Chromosome**	**Min [bp]**	**Max [bp]**	**Size [bp]**	**Quality of Mapping**
Bt1	2B	799.983.180	811.026.211	11.043.031	Medium
Bt2a	1D	Unknown	Unknown	Unknown	Poor
Bt2b	1D	Unknown	Unknown	Unknown	Poor
Bt3	1A	498.451.021	506.854.738	8.403.717	Medium
Bt4	1B	Unknown	Unknown	Unknown	NA
Bt5	1B	123.383.762	265.108.595	141.724.833	Medium
Bt6	1B	16.381.367	28.018.966	11.637.599	Good
Bt7	2D	621.068.156	624.830.049	3.761.893	Good
Bt8	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	NA
Bt9	6D	487.432.997	490.336.412	2.903.415	Good
Bt10	6D	1.769.916	3.642.206	1.872.290	Medium
Bt11	3B	498.268.609	523.277.044	25.008.435	Poor
Bt12a	7D	6.366.873	6.820.677	453.804	Medium
Bt12b	7D	11.141.545	23.435.669	12.294.124	Good
Bt13	7D	5.005.482	5.661.151	655.669	Medium
Bt14	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	NA
Bt15	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	NA
Btp	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	NA
BtZ	3B	505.932.256	Unknown	Unknown	Poor
BtQ_5A	5A	Unknown	Unknown	Unknown	Good
BtQ_7A=Bt2c	7A	671.343.067	676.631.073	5.288.006	Medium
Bt_Blizzard_7A	7A	717.923.349	735.886.510	17.963.161	Good
Bt_PI119333_4B	4B	Unknown	Unknown	Unknown	Poor

T. aestivum

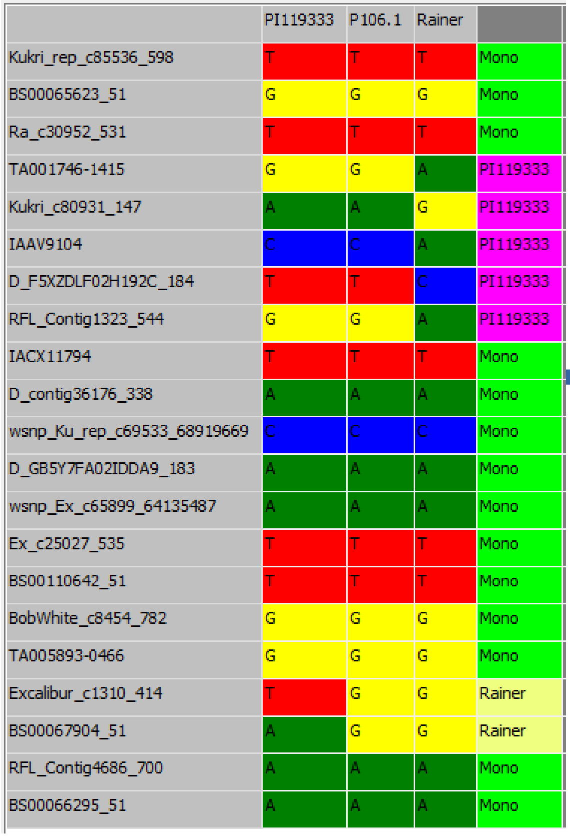
cv Chinese Spring



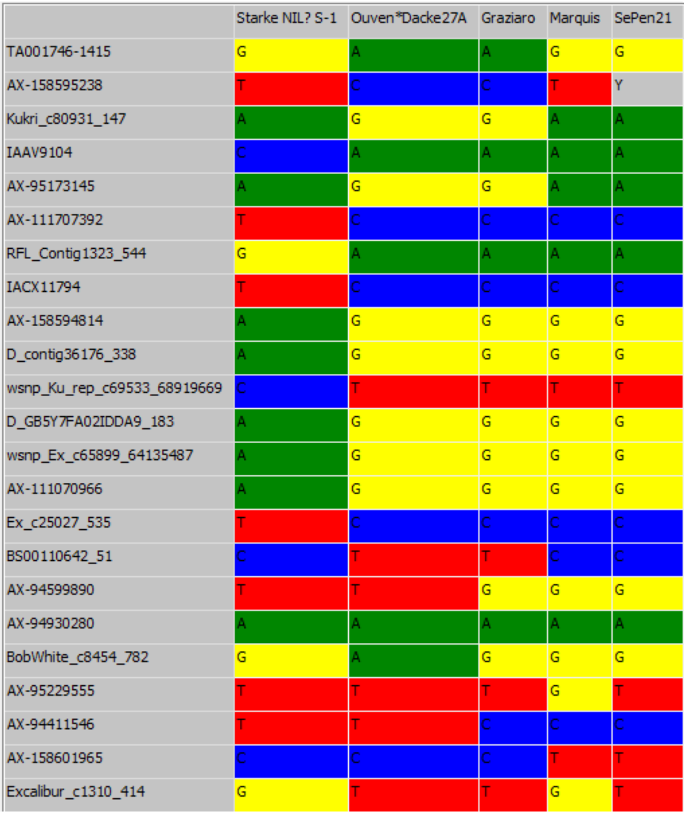
BtP?
Bt-Erythospermum?
Bt-Lutescens?
Bt-Carlton?
Hope??
Doubbi?

Next generation crosses

It will not help making new crosses, if markers are monomorphic in the target area



	PI119333	P106.1	Rainer	
Kukri_rep_c85536_598	T	T	T	Mono
BS00065623_51	G	G	G	Mono
Ra_c30952_531	T	T	T	Mono
TA001746-1415	G	G	A	PI119333
Kukri_c80931_147	A	A	G	PI119333
IAAV9104	C	C	A	PI119333
D_F5XZDLF02H192C_184	T	T	C	PI119333
RFL_Contig1323_544	G	G	A	PI119333
IACX11794	T	T	T	Mono
D_contig36176_338	A	A	A	Mono
wsnp_Ku_rep_c69533_68919669	C	C	C	Mono
D_GB5Y7FA02IDDA9_183	A	A	A	Mono
wsnp_Ex_c65899_64135487	A	A	A	Mono
Ex_c25027_535	T	T	T	Mono
BS00110642_51	T	T	T	Mono
BobWhite_c8454_782	G	G	G	Mono
TA005893-0466	G	G	G	Mono
Excalibur_c1310_414	T	G	G	Rainer
BS00067904_51	A	G	G	Rainer
RFL_Contig4686_700	A	A	A	Mono
BS00066295_51	A	A	A	Mono



	Starke NIL? S-1	Ouven*Dacke27A	Graziaro	Marquis	SePen21
TA001746-1415	G	A	A	G	G
AX-158595238	T	C	C	T	Y
Kukri_c80931_147	A	G	G	A	A
IAAV9104	C	A	A	A	A
AX-95173145	A	G	G	A	A
AX-111707392	T	C	C	C	C
RFL_Contig1323_544	G	A	A	A	A
IACX11794	T	C	C	C	C
AX-158594814	A	G	G	G	G
D_contig36176_338	A	G	G	G	G
wsnp_Ku_rep_c69533_68919669	C	T	T	T	T
D_GB5Y7FA02IDDA9_183	A	G	G	G	G
wsnp_Ex_c65899_64135487	A	G	G	G	G
AX-111070966	A	G	G	G	G
Ex_c25027_535	T	C	C	C	C
BS00110642_51	C	T	T	C	C
AX-94599890	T	T	G	G	G
AX-94930280	A	A	A	A	A
BobWhite_c8454_782	G	A	G	G	G
AX-95229555	T	T	T	G	T
AX-94411546	T	T	C	C	C
AX-158601965	C	C	C	T	T
Excalibur_c1310_414	G	T	T	G	T

the way ahead

- Breeding:
  - Use a diversity of resistance genes to avoid future virulence
  - Pyramiding genes into commercial varieties can already start with current knowledge
- Research
  - Sequencing 6D to find Bt9 (Idaho and KWS)
  - Analyse MAGIC populations at NIAB and LfL for Bt2
  - Develop new populations from parents with polymorphism in the target areas
  - Analyse segregating populations of Bt8 (Utah?)
  - Develop new races with specific virulence. Has ‘Stava’ got Bt8+Bt9?
  - Unlock BtP!

New differential set

- Avoid lines with dual resistance genes
  - Bt5, Bt11 and Bt12
- Better lodging resistance
  - (Bt12, BtP, Bt13)
- Preferable NILs. Starke-II, Prins and Red Bob
  - Are the Starke-NILs too late?
- Winter wheat and spring wheat diff. set.

New differential set

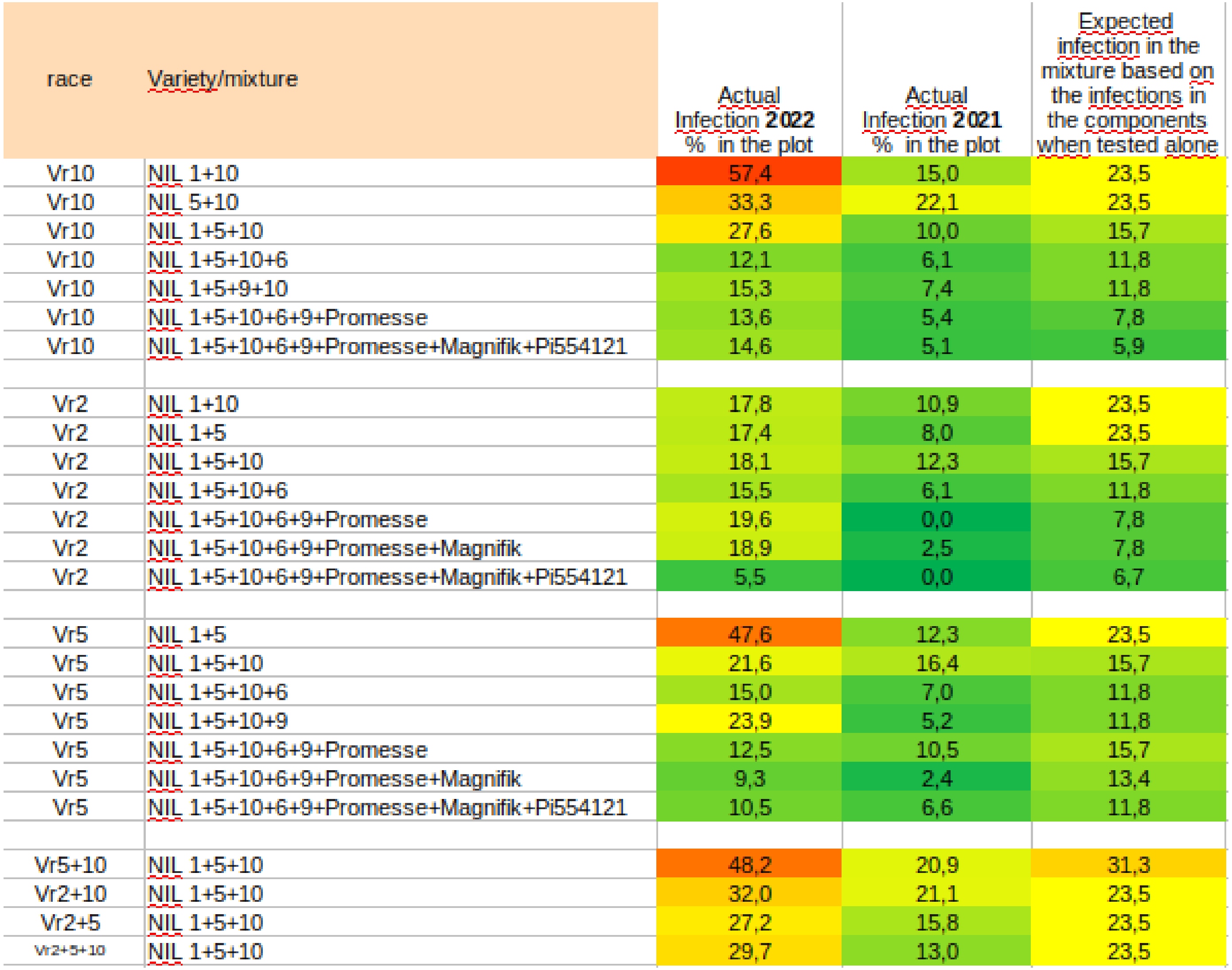
- **Bt1:** Winter: PI554101. (or 'Starke-NIL-Bt1'). Spring wheat: 'M83-1531' (PI 554108)
- **Bt2**: Winter: 'Selection 2075' (PI 554103)
  - 'Bussard' (position 1)
  - 'Solstice' (Position 2)
  - 'Skagen' (Position 7A)
- **Bt3**: Winter: 'Ridit'. Spring wheat: M83-1551 (PI 554116)
- **Bt4**: Winter:'CI 1558' (PI 11610) Spring wheat: 'M81-152' (PI 554115) (or 'Prins NIL Bt4')
- **Bt5**: Winter: 'Starke NIL Bt5' or 'Tommi'. Spring wheat: 'SegQue-L69'.
- **Bt6**: Winter: 'Rio' (CI 10061) or 'Starke-NIL Bt6'. Spring wheat: 'M83-1581' (PI 554117).
- **Bt7**: Winter: 'Sel 50077' (PI 554100) Spring wheat: 'M83-1591' (PI554114).
- **Bt8**: Winter: 'M72-1250' (PI 554120) Spring wheat: 'M78-9496' (PI 554110)
- **Bt9**: Winter: 'R63-6968' (PI 554099) or 'Starke NIL-Bt9'. Spring wheat: 'M77-1140' (PI 554112).
- **Bt10**: Winter: 'R63-6982' (PI 554118) or 'Starke II NIL-Bt10' Spring wheat: M83-1621 (PI 554109).
- **Bt11**: Winter: BOKU breeding line?? Spring wheat: 'Prins NIL Bt11'.
- **Bt12**: Winter: IFA-P106.30 or 'Starke NIL-Bt12'.
- **Bt13**: Winter: 'Thule-III' (PI 181463). Spring wheat: 'SegThCia-2'.
- **Bt14**: 'Doubbi' (CI 13711) or the hexaploid line PI 172201 .
- **Bt15**: Spring wheat: 'Carleton' (CI 12064).
- **BtP**: Winter: PI 173437.
- **BtZ**: Winter: 'Tilliko' .
- **Bt-Trintella**: Winter: 'Trintella'
- **Bt-Erythrospermum-5221**: Winter: Erythrospermum-5221
- **1R1A**: Winter: 'Ursita' or 'Abund'

Crop-pathogen co-evolution and optimization of wheat population diversity for tolerance to common bunt

Pure lines infected with single races

race			percent infection
Vr5	Starke NIL Bt5		46,4
Vr10	Starke NIL Bt10		47,8
Vr2	Starke NIL Bt1		47,1
Vr10	Starke NIL Bt1	Unexpected infection	23,4
Vr5	Starke NIL Bt1		0,0
Vr5	Promesse Bt5	lower infection than expected	11,8
Vr10	Promesse Bt5		0,0
Vr2	Promesse Bt5	Unexpected infection	2,0
Vr2	Starke NIL Bt5		0,0
Vr10	Starke NIL Bt5		0,0
Vr5	Starke NIL Bt10		0,0
Vr2	Starke NIL Bt10		0,0
Vr5	Magnifik Bt8		0,0
Vr10	Magnifik Bt8		0,0
Vr2	Magnifik Bt8		0,0
Vr5	Pi554121 Bt3		0,0
Vr10	Pi554121 Bt3		0,0
Vr2	Pi554121 Bt3		0,0

race	Variety/mixture	Number of Genes		Actual Infection % in the plot	Expected infection in the mixture based on the infections in the components when tested alone
Vr10	NIL 1+10	2		15,0	23,5
Vr10	NIL 1+5	2	Unexpected infection	1,2	0,0
Vr10	NIL 1+5+10	3		10,0	15,7
Vr10	NIL 1+5+10+6	4		6,1	11,8
Vr10	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	8		5,1	5,9
Vr10	NIL 1+5+10+9	4		7,4	11,8
Vr10	NIL 5+10	2		22,1	23,5
Vr2	NIL 1+10	2		10,9	23,5
Vr2	NIL 1+5	2		8,0	23,5
Vr2	NIL 1+5+10	3		12,3	15,7
Vr2	NIL 1+5+10+6	4		6,1	11,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	6	lower infection than expected	0,0	7,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	6		2,5	7,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	7	lower infection than expected	0,0	6,7
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	7		1,7	6,7
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	8		3,9	5,9
Vr2+10	NIL 1+5+10	3		21,1	23,5
Vr2+5	NIL 1+5+10	3		15,8	23,5
Vr2+5+10	NIL 1+5+10	3		13,0	23,5
Vr5	NIL 1+10	2		0,0	0,0
Vr5	NIL 1+5	2		12,3	23,5
Vr5	NIL 1+5+10	3		16,4	15,7
Vr5	NIL 1+5+10+6	4		7,0	11,8
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	6		10,5	15,7
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	7		2,4	13,4
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	7		6,6	11,8
Vr5	NIL 1+5+10+9	4		5,2	11,8
Vr5	NIL 5+10	2	lower infection than expected	0,6	23,5
Vr5+10	NIL 1+5+10	3		20,9	31,3
Vr10	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	6		5,4	7,8
Vr10	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	7		6,5	6,7



race	Variety/mixture	Actual Infection 2022 % in the plot	Actual Infection 2021 % in the plot	Expected infection in the mixture based on the infections in the components when tested alone
Vr10	NIL 1+10	57,4	15,0	23,5
Vr10	NIL 5+10	33,3	22,1	23,5
Vr10	NIL 1+5+10	27,6	10,0	15,7
Vr10	NIL 1+5+10+6	12,1	6,1	11,8
Vr10	NIL 1+5+9+10	15,3	7,4	11,8
Vr10	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	13,6	5,4	7,8
Vr10	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	14,6	5,1	5,9
Vr2	NIL 1+10	17,8	10,9	23,5
Vr2	NIL 1+5	17,4	8,0	23,5
Vr2	NIL 1+5+10	18,1	12,3	15,7
Vr2	NIL 1+5+10+6	15,5	6,1	11,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	19,6	0,0	7,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	18,9	2,5	7,8
Vr2	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	5,5	0,0	6,7
Vr5	NIL 1+5	47,6	12,3	23,5
Vr5	NIL 1+5+10	21,6	16,4	15,7
Vr5	NIL 1+5+10+6	15,0	7,0	11,8
Vr5	NIL 1+5+10+9	23,9	5,2	11,8
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse	12,5	10,5	15,7
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik	9,3	2,4	13,4
Vr5	NIL 1+5+10+6+9+Promesse+Magnifik+Pi554121	10,5	6,6	11,8
Vr5+10	NIL 1+5+10	48,2	20,9	31,3
Vr2+10	NIL 1+5+10	32,0	21,1	23,5
Vr2+5	NIL 1+5+10	27,2	15,8	23,5
Vr2+5+10	NIL 1+5+10	29,7	13,0	23,5

Tank you for your attention
and please let us cooperate on this