

Satellite DNA in *Vicia faba* is characterized by remarkable diversity in its sequence composition, association with centromeres, and replication timing

Supplementary Information

Laura Ávila Robledillo^{1,2}, Andrea Koblížková¹, Petr Novák¹, Katharina Böttinger^{1,2}, Iva Vrbová¹, Pavel Neumann¹, Ingo Schubert³, and Jiří Macas^{1,*}

¹ Biology Centre of the Czech Academy of Sciences, Institute of Plant Molecular Biology, České Budějovice, 37005, Czech Republic

² University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice, 37005, Czech Republic

³ Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), 06466 Gatersleben, Stadt Seeland, Germany

* corresponding author (macas@umbr.cas.cz)

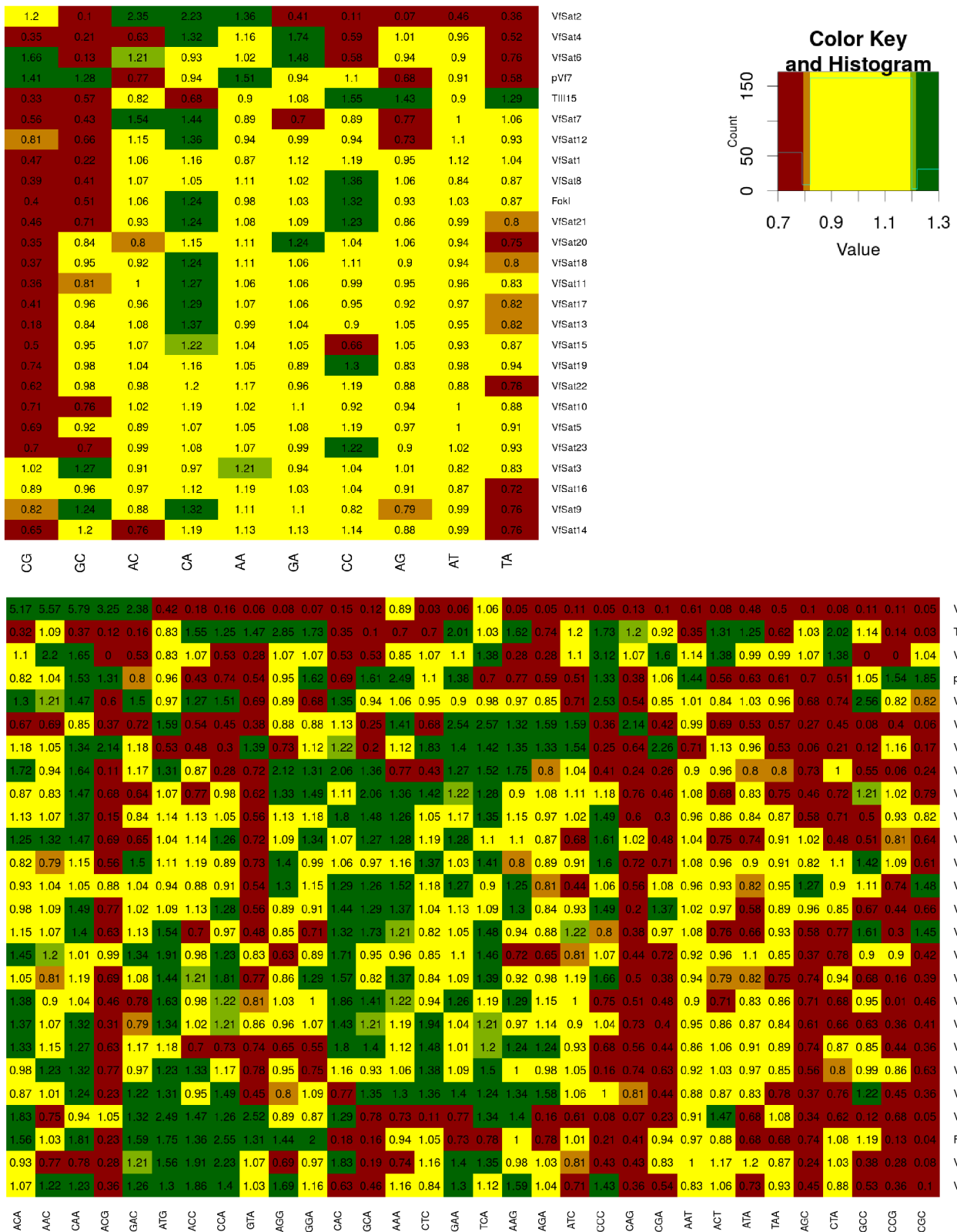


Figure S1. Frequencies of di- and tri-nucleotides in *V. faba* satellite repeats. Representation values ρ^*_{XY} and ρ^*_{XYZ} for di- and tri-nucleotides respectively were calculated from sequence reads according to Karlin and Burge (1995) and are shown by numeric values and colors of the heatmap. A deviation of ρ^*_{XY} and ρ^*_{XYZ} value from 1 reflects marginal (1.20-1.22) or extreme (>1.22) over-representation, or marginal (0.79-0.82) or extreme (<0.79) under-representation.

VfSat4
VicTR-B
CTGATGAAATTTGAAGTGAACATAAATCTGAAGAAAAT
CTGATGAAATTTGAAGTGAATATAAGTCTTCAGAAAAT
***** **

VfSat6
PST_TR5
AAGATTTAACACGAACGAGTGTTT-GAATCAATACGGACGAGTAT---CAAAGA
AATGATTAACACGGACGAGTGTTGAAAATCAATACGGACGAGTATTGACAAAGA
** ***** **

VfSat1
PST_TR9
CAAATTTTAGGTTACTTCATCACTAAGAACTAAGTT-AAAAGACTATTACTTAATGACA
CAAATTTTGGTTTCTTCATCACTAAGCAACAAAGTTAAAAAACTATAATAGAATGATT
***** **

VfSat1
PST_TR9
CATATTCATATACATTTGAAATAATTCAAATTATCTAATGAGTCTCGATAGTATATTTA
CATATTATATATAAATGGGTAACAAGTGAATTACATAATCAATATCAATATTATTTGTA
***** **

VfSat1
PST_TR9
TTCACCATATTCATATTGTATTATGGTATAATAGATGTAACAATTTCAATATTTTTCTT
TTCGGCATATTCACATTGTATTATGGTATATTATATGTAGATAAATTCATAAAGT---TT
** ***** **

VfSat1
PST_TR9
CTTCTCCATCAC
CTTCTACATCAC
***** **

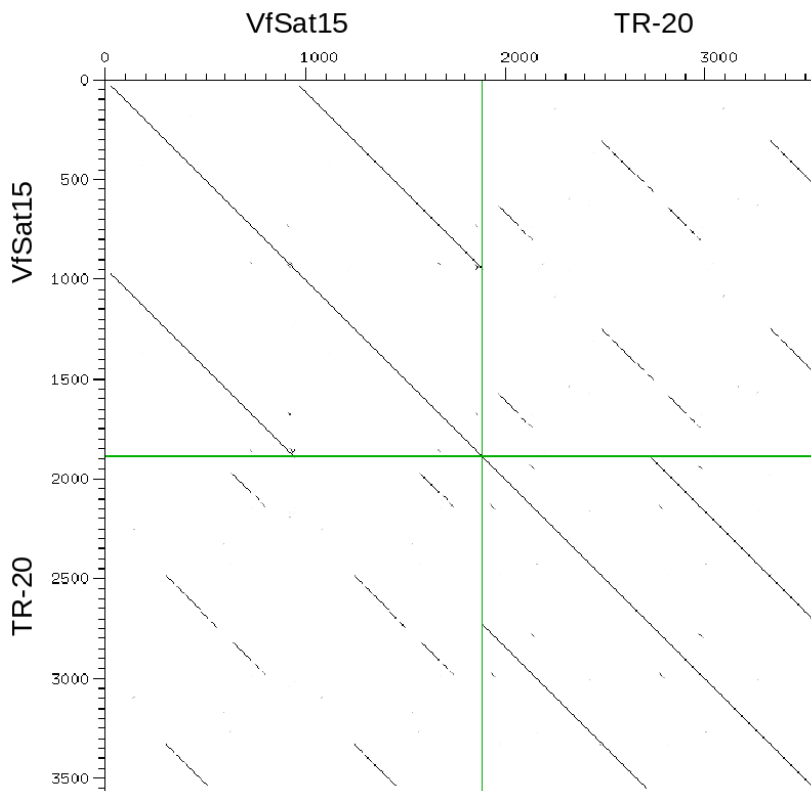


Figure S2. Sequence similarities of *V. faba* satellites to repeats from *Pisum sativum* (PST_TR5, PST_TR9 and TR-20) and *Vicia sativa* (VicTR-B). The similarities are shown as pairwise alignments of consensus monomer sequences, except for VfSat15/TR-20 which are due to long monomers and only partial similarity compared using dot-plot of dimer sequences with similarity threshold of 70 identities over 100 nucleotides.

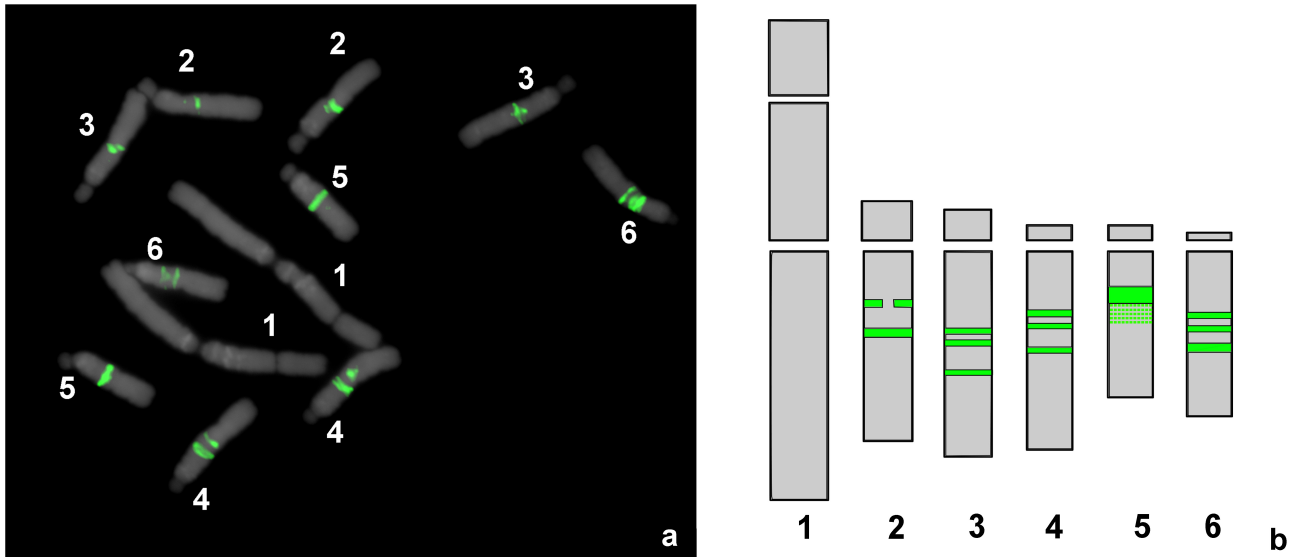


Figure S3. Discrimination of individual *V. faba* chromosomes based on their morphology and distribution patterns of FokI repeat. (a) FISH labeling of FokI repeats (green) on metaphase chromosomes. **(b)** Schematic representation of chromosome morphology and FokI patterns. The polymorphic FokI band on chromosome 5 is marked with dotted pattern.

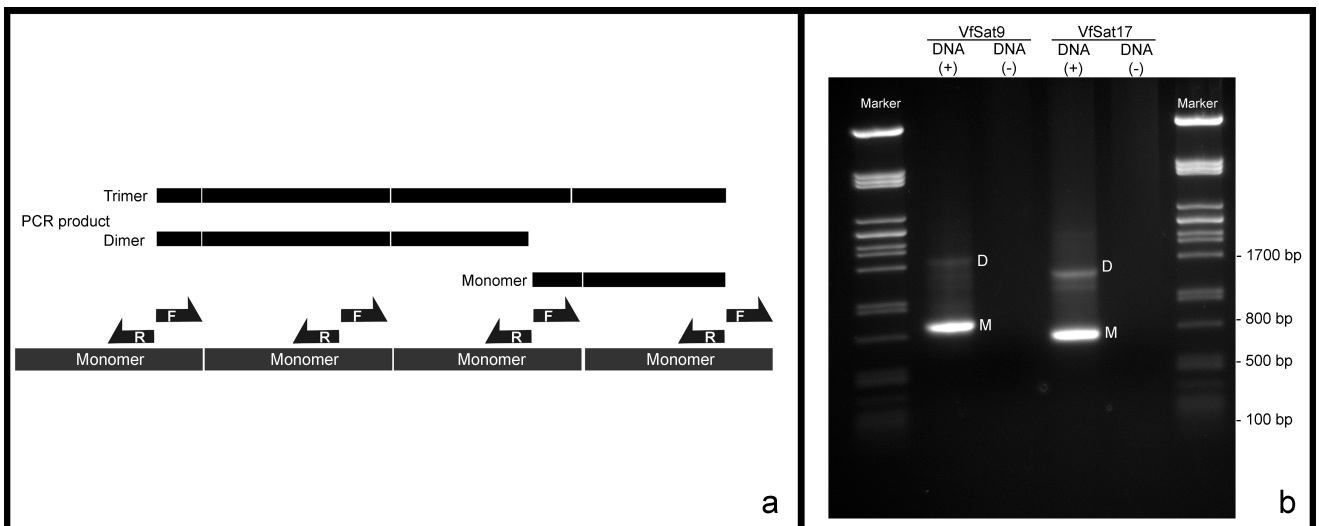


Figure S4. Design of primers used for PCR amplification of satellite repeats from genomic DNA. (a) Forward (F) and reverse (R) primers were facing outwards from predicted repeat monomers, thus generating amplification products only when their target sequences were arranged in tandem. **(b)** Example of agarose gel electrophoresis of amplification products from *V. faba* genomic DNA using primers for VfSat9 and VfSat17 repeats, showing bands corresponding to amplified monomer (M) and dimer (D) sequences.

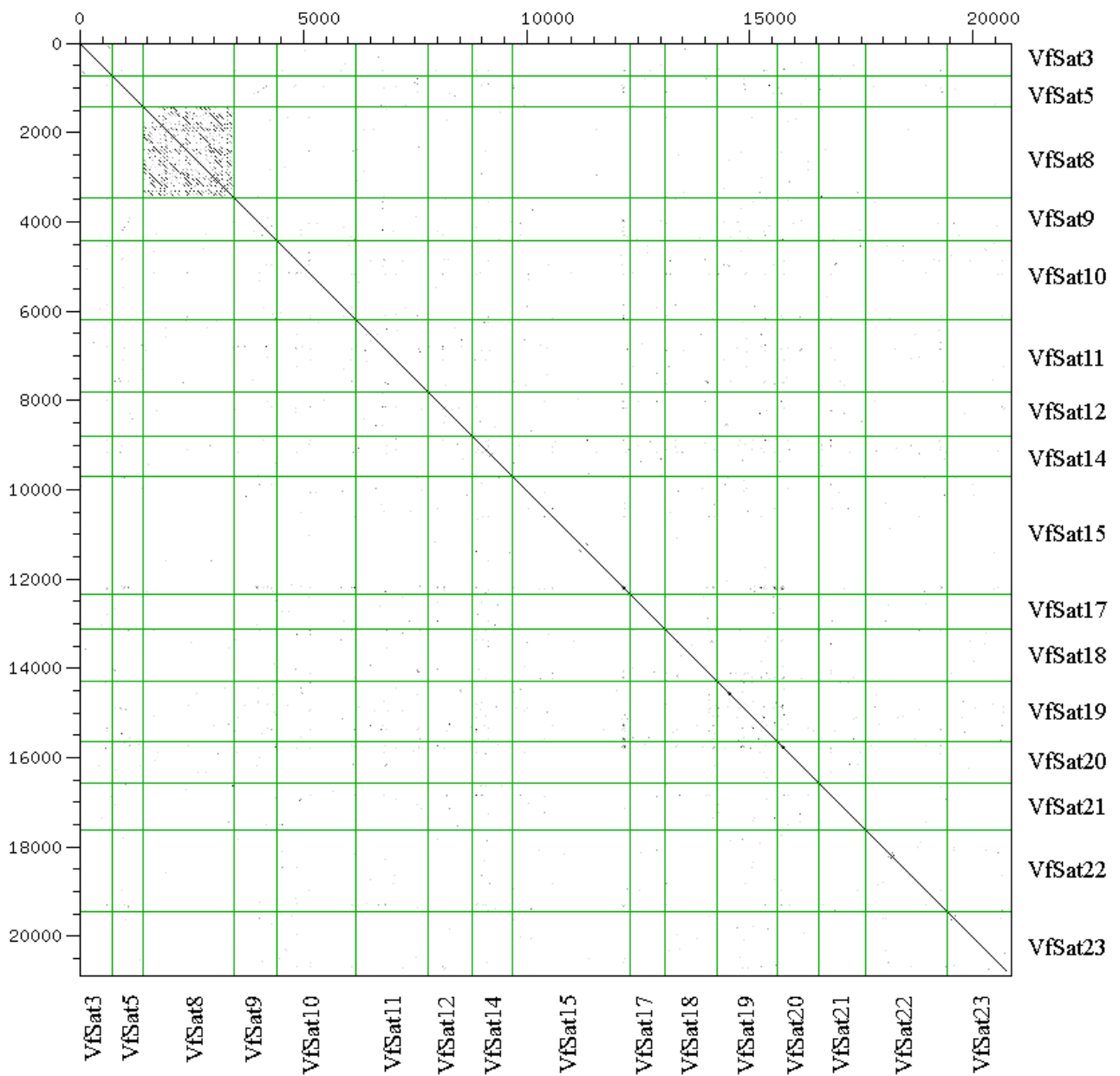


Figure S5. Dot-plot comparison of satellites with long monomers. Similarity threshold of 70 identities over 100 nucleotides was employed.

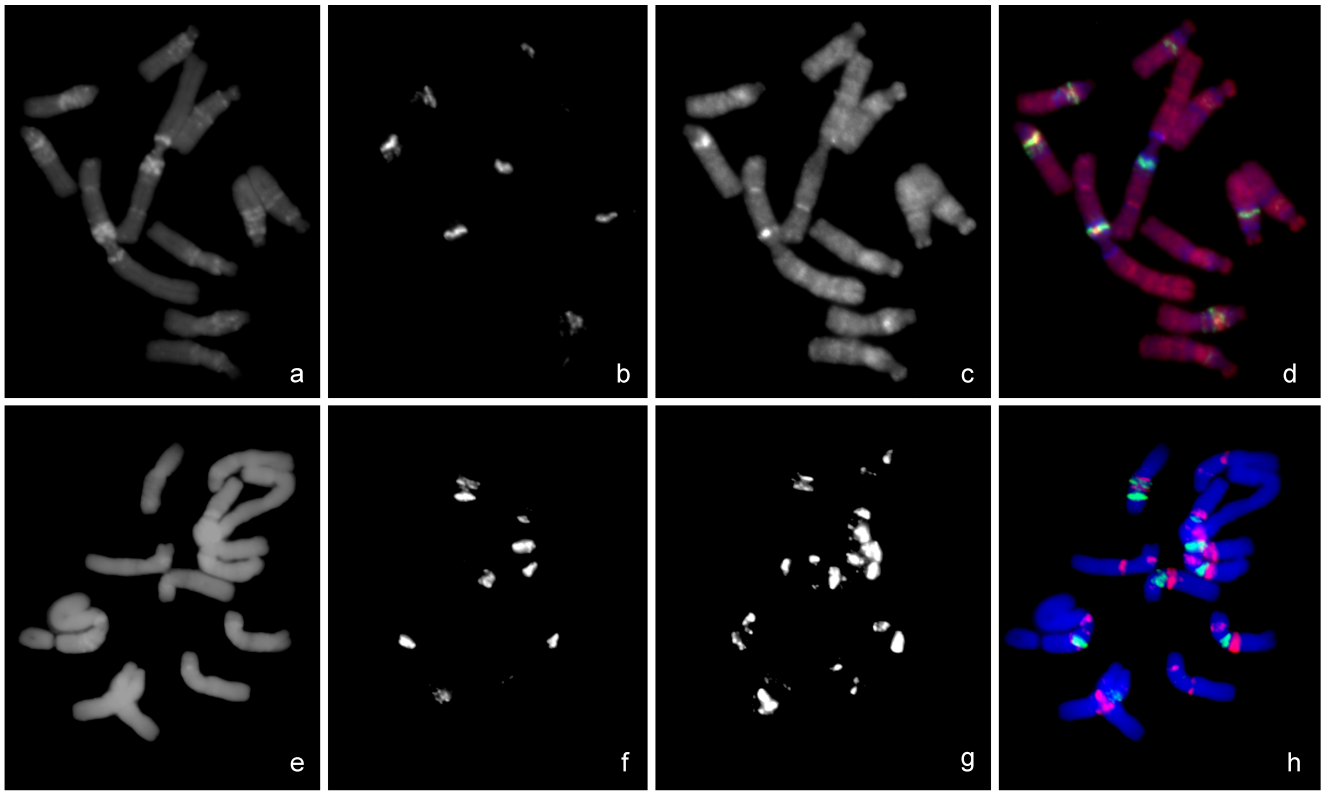


Figure S6. Combination of replication assay (EdU labeling, red) showing early (**a-d**) and late (**e-h**) replication patterns with FISH detection of Vfsat2 (green). Chromosomes counterstained with DAPI are shown in blue.

Table S7. Replication timing of satellite repeats.

	Replication time (hours since the start of S phase)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VfSat2 included in dispersed labeling pattern*	+	+	+	+	(+)	(+)	-	-	-
Centromeric satellites	-	-	-	(+)	+	+	-	-	-
VfSat1	-	-	-	-	(+)	+	+	-	-
All remaining satellites	-	-	-	-	-	(+)	+	(+)	-
FokI	-	-	-	-	-	(+)	+	(+)	(+)

* VfSat2 did not replicate during late S phase (hours 7-9) but its exact replication timing was not determined due to the lack of distinct patterns on the background of dispersed labeling during early/mid S phase

Table S8. Sequences of oligonucleotide FISH probes.

ID	Probe	Label	Sequence 5'→3'
VfSat1	VFBm2H1	Biotin	CTTTAACTTAGTTTCTTAGTGATGAAGTAACCTAAAATT TGGTGATGGA
FokI	VFBm3_Fok_H1	Fluorescein	CTACCTTCCATAATGACAAGGCTACCATCCATTGGAGTAA CAAAAATCTC
VfSat2	VFBm15H1	Biotin	CAACAACAACAACAACAACGTCAAATAACAACAACAA CAACAACAAC
VfSat5	VFBm105H1	Biotin	AGCTCCCATCATCCAAGTAGGTAGTGCTATCTCACTCCT
pVf7	pVF7_TA_CL34	Biotin	TAAACCGAGGGCTTGTCGAAACGCTACGAAACTTTGGG GACACTCTCAAT
VfSat6	VFBm127H1	Biotin	ATCAAAGAAAGGTTTAAACACGRACGAGTGTTTGAATCA ATACGGACGAGT

Table S9. PCR primers used for amplification of satellite repeats from genomic DNA and GenBank accession numbers of cloned probes.

Satellite	Primer	Sequence 5'→3'	Accession number
VfSat3	Vf_TA_CL39_1	AGCACGAATAAAACTAAAGTTC	MF796528
	Vf_TA_CL39_2	TACTTTTGAAGTGAAATGGAG	
VfSat4	VFBm102c102F	GCAGAAAATCTGATGAAAAATGATG	MF796529
	VFBm102c102R	TTGTTCACTTCAAATTTTCGTCAG	
VfSat7	VFBm144c57F	TACCATAATGAATGGACCTTTATACT	MF796530
	VFBm144c57R	CGTTACATATTTTGACTAAGTACTTTTAATATG	
VfSat8	VFBm164c16F	CTAATCATGTTATGTCTCATGTAGTTTC	MF796531
	VFBm164c16R	GAAATGTTAATATCTTGTTAATCAAAGACT	
VfSat9	VFBm168c23F	CTATTTTCAAATGTATATTCGACATGC	MF796532
	VFBm168c23R	TAGGCCTTTTAGAATCAGTTATTGACA	
VfSat10	VFBm186c4F	AGGAAACAAATAACATTGCATTCTC	MF796533
	VFBm186c4R	ATTTTACCCTCTCTACAAAGATTGAT	
VfSat11	VFBm187c11F	CCAAAACAATAACAACAACATCAA	MF796534
	VFBm187c11R	CTTATGTTGTTTAGCGACATTGGA	
VfSat12	VFBm190c10F	TGTGTTTCAGTTCAAATGTGTGTCT	MF796535
	VFBm190c10R	AAATGTGAGATAACAACACTACGGACA	
VfSat13	VFBm197C23F	GGTTATAAAACAACAAGCAAAGTAAG	MF796536
	VFBm197C23R	CCTTGCATGTTTCCCTTTAT	
VfSat14	VFBm198c11F	CTCTCTGTTCAATTTCTCAATCGTC	MF796537
	VFBm198c11R	GATTATATCTGCGAATGCCTGAA	
VfSat15	VFBm199F	TGAGAAGTCGTCCATCCTGA	MF796538
	VFBm199R	TTGCACAAAGAGAACTTAAGGAA	
VfSat16	VFBm200C23F	ATCAAATTAGTTGGGGCTTG	MF796539
	VFBm200C23R	TTCGGCAATCGTAATCAAC	
VfSat17	VFBm205c11F	GGTATGAGAATGGTGTATCTTTTATCA	MF796540
	VFBm205c11R	AGAAAAGATATTTGGTTTCGAATGA	
VfSat18	VFBm207c9F	AAGATTCATCGGAAGTATTCCTTTT	MF796541
	VFBm207c9R	GAGAAATCACTTTGTAAAGAATTTGGA	
VfSat19	VFBm220c12F	TTCTGCACAAGTAAATGAATGGTTAT	MF796542
	VFBm220c12R	GGTTGAAGCCACTTATAAATCTCAA	
VfSat20	VFBm224c8F	ACTGGGCAGAAAAATGAGACTTA	MF796543
	VFBm224c8R	TTCAACTTTGCAAAAGGGGTTA	
VfSat21	VFBm233c2F	CACACTATTGTAATCTCCTTGCAAAT	MF796544
	VFBm233c2R	ACAAAATGGGGTAGCATGGA	
VfSat22	VFBm237c7F	TCAAATAGGACAACGTATTTAAGCAA	MF796545
	VFBm237c8R	TAATGCAGTGTGTCAATGTTGG	
VfSat23	Vf_TA_CL281_2	TAACCCAAGAGGACCCAATG	MF796546
	Vf_TA_CL281_1	GATACCTTCCTCACCCATACA	

Supplementary Data S10 - Reconstructed monomer sequences

>VfSat1_TA

CATACCCAAATTTTAGGTTACTTCATCACTAAGAACTAAGTTAAAAGACTATTACTTAATGACACATATCCATATACATTTGAAATAAT
TCAAAATTAATGAGTCTCGATAGTATATTTATTCACCATATTCATATTGTATTATGGTATAATAGATGTAAACAATTTCAATATTTTT
CTTCTTCTC

>FokI_TA

TCCATCGGAGTAACAAATCTCAACAACGAACATCTCCATAATGACGAGACTACCA

>VfSat2_TA

TTTATTTGACGTTGTTGTTGT

>VfSat3_TA

TAATAACTAAAAAGGAGGCAAACCTAAATTGGTGGGTGTAATGAAATTTTCGCACAAACAGTAGCGTAGGTCCAATAAACGCTTTGTCAAC
ACCAAGTATTTTTCTCGAAATCAAACCATTTTTCAAATATTTTCATAACAAATGCACTCGAAGGACACATGCATTAAGTAGTGAAGAAGGA
ATGATTAATGTATGTCCCTTTGTTCTTAGTCCGACGACGCTGGCTGTATAGGTTATCGTTCGAATGCTCACCTCACTCATGAACCTTAG
TTTTATTCGTGCTATATACTTTTGAAGTAAAATGGAGGAAAATGACTAGTTAGGCGTATGCTCCTTTATAAAGATTCTAATAAAGACAAA
GAAGAGTGATCTCTTCTGTCCAAAAGGGTAAACCACTTTGAAAGAGAAAATAGAGCAACAGACAATATGCCATAAAAAGTTATTTAATAGC
ACTTTCTTTTGTGTTTGTATAGCGCTGAAAAGCGCTATTAACCGTGCCACTAATGTGAACGATTTTGTAAATAGCACTTTAAAAGAGCTAT
TAAAGTACTAGTTTTTAATATAAAAATAATAATTAATAAACAATAACTAATAAGGAGGCAAACGAAATTTGTTAGGAAAATGAATATT
TTTTCATAAACAATAGCGTCGGCTGAACCGTCGCTAATATAAAAAATAAATAATTATTTAAAA

>TIII15_TA

TACTTCGAAATGAAAGCCTGGATAGTAGGGCTGTGAGAAGGAACCTGGATAGTAGGGT

>VfSat4_TA

CTGATGAAATTTGAAGTGAACATAAATCTGAAGAAAAT

>VfSat5_TA

GTCATGATAGTGAATGGCTATTTCTATAGTTAATGTAATATTTAGTTTATAAATAAATAATTATATCATATTTTCGTTTACGGCCTA
ATTTTGTTCATTAACATAAAGGACTTAGTTAGAATTGAGTTTGATTAATAAATGAATGAGTAAAAGTATGTATGTTTAAAGTATTTAAG
TTTGATTTTTATTTGTGAGATTTATATTTTGTGTTTAAATAAATATAAAAATGCTTTTGAGTAAATAACGATTAATTTAGATAGT
AATTTAAATTTCAAATTTAAATACTATCATTATAGTCAAACTTGATTGAGGGTGAAAAATAAATTAATTCAGCATATTTATTCTCATT
GATTTTTCAATTTGTCAATTTATTTAACATTACTTGAATTTGTTAATTTACAATGTTTAAAGTGAATAGACTTTTATATAGGTTTGTAGGC
TAATCAGACATTAATAAATGACTAGGCTCAGATCTACAATAAGCTTATAATAGATTACCGTTTCATACTTTACATCCTTTATAGATTTAGA
ATTTTTTAGCTCCCATCATCCAAGTAGGTAGTGCCTATCTCACCTTCGAATTTTTTATTCTTGATATGTGAAAGTCATTAGTATAAT
TTATCATTATTGAAAAATAAGTCACCTCTCTTTATAATTTGAATCTTCATATGACAG

>pVf7_TA

GAAATTCAAAATAAACCGAGGGCTTGTCGAAACGCTACGAACTTTGGGGACACTCTCAATGTGTTATTTGAGATGTCCATGCAAAAAATC
AGCAGGAGATTATTTTCTAAGGCGCGTTTGCCCTCCGCTTCCGTTTTTGGCAAAAACGCAATTGCACGCGTACCGTCG

>VfSat6_TA

AAGATTTAACACGAACGAGTGTGTTGAATCAATACGGACGAGTATCAAAGA

>VfSat7_TA

ATGTACATTGATGAATGAACCTTTACACTAAGTCAAAGTATGTA

>VfSat8_TA

CGATAAGGTTTAAATCCTTTCAAATACTCATAGTATGTATAATATTCCTTTCTTTTCATTAGGTTTATTATGGTTTGAATTAAGCTTAAAT
GGGACAGGCTTTCAAATGCTTATACAATGTAACATAGTTTCTTTCTTTAATTGGTTTTTAAATGACCGAGTATTTGGTCAACATGGATC
GGACCTTTTCAGCAAATCATATTATGTAATCTACTTCTTACATGTTTATTTATTTCTTTTCGATTTAGTCTTTGATCAAGAAGCGTTTCTAT
TTTCAACTACTAATTTTATAAGATGCATTTATTTAGTCATCTTTTATGTTACTAATTTACTAGGTTTATCCATCAAGGAATGAATATTTCA
ACTACTCAAATCATGTAATGTACTTTATTTCCTAATTTGGTTTCCCATGATTATGGCTTTGACCAACCCAGACTAGACATTTCAACTA
CTCATTGTACGTAATGTACTTATTTATTTTATTTGGTTTATTAGGTTTATGTTTATTAACAAGATATTAACATTTCAACTAATCATG
TTATGTCTCATGTA
GTTTCTTACTTTTAGTTGGGTTTTAAGGAATAGGTGTTTGGTCAGTAAAGAAGGTACCTTTGAAATACTCTTAGTATGTAAATCACTTATT
TTCTCTTCAATTTGCTTCTTTATGGTTGATTCTTGGGTTGATAAGGATTGATTCTTTCAATTAATCATAGTATGTGTAATATTTCTTTTATT
TCCATTTGGTTTATAATGGTTTGGAGATTTGTTTACATGGAAGGACCTTTAACTACTCTTATTTTATAGTGTAGTTTCTATCTATTTAT
TTTGATTTTAAATGACTAAGACTCTGACCTTTCAACTCATTATATTAGTTTACTACTTCTTACCTATTTATTTGGTTTCTTACCTTTAAGTC
TCTGACCAACAAGGGGTTCACTATTCAATTAATGTTATGTAATGATTTCTTTTATCTTTATTTAGTTTCTAATTAAGTCTTTGT
TCAATTAAGTAAATGACCTTTCAACTTCTCAAAGTTTGAATGTACATTCTTTCTTTTATTTGGACTCTTAATGTAAGTCTTTGATCTAC
AAGGGTCATACATT
TCAACTTCTTATTATGTGTAATGTACTATGCTTCTTTAATTGGTTTTTGGGTTATATATATTTTATTAACAAGGTATGAACCTTTTCA
ACTACACACATAATGTAATGTAGTTTGGTTTCTTTCAATTTGGTTTTCGAAAACATGCTTTTGGTCAATAAAGAAGGAACCTTTTAAATTAAT
CATAGTATGTAAGCACGATTTTTCTTCAATTTCTTCTTTATGGTCGAGTCTTTGTTTCGATAAGGTTTGTCTATTCAACTGATCATAAT
ATGTTAATATTTCTTTCTTTTGTATTTGGTTTATGTTTGGTTTAAATCGGGATGGACATTTCAACTACCAATATTTATTTAA
TTAGTTCTTTCTTTATTTGGTTTTTAAATAACTAAGTCTTTAGTCAACAAGGACCATGTTTCAACAATCATATTATGTAAGTAAAT
CTTACATGTTTATTTGGTTTCTTATGATTAAGTCGTTGATCAACAAGGATTCTTTTCAACTACAAATGTTATGTAATGTATTTATTTT
ATCTTCAATTTAGTT

TAAATAAATATTTCTCGTATATCAACATATAAAAATTTTTGTGCATTGAATTTATAGACACACATTTGAACTGAAACACATATCCTTAATT
AAATGTGAGATAACAACTACGGACATACGACTACATATAACTAGTTATTGCACATTGAAACCAAAGTATTGTTCCATTTATTGCAAATGA
CATCATAAGTTACACAAGTAATTTTTTTCAGTATTCATACATGTCACCTTATATTCAATTATGATGAACGATATCCAAAGCAAACGTAGTTA
GAT

>VfSat13_TA
TGCTTGTGGTAGGAATACTTATTGTGATGTCTTGATTCACTTTCCTAT

>VfSat14_TA
TTTAGAAATCTTCTATATCAAATATGAGTGTACGGGAAATGACTTATTCATTTCCATTATTAATATACATTCTGAAATATTATTATAAAAA
TAATTATAAAAACTAGCTAAGAAAAACAAAAACAGAGTAAAAAATTGAAAACAATTTGTAACAAGTCACCAATTTAAGAAATTTAAAA
CATAATATATTTAGATAAAGAACTAATCAAACAAGTCAAAATTTATAACTTAATTAATAAACAATTTATTGTTGTTTGTGTTTTC
CCTTATTATATTTTTAATTTTTTCTTTCTACCTTTTTTATTCTATGGACGAACCTTTTTTTGTTCACTTATTTTTTTATAACTTTAA
TTTTGATTTTTACGTTATATTGGATTTAATTGAGATTTTGATATGTGCAATTGCCCTGCCATTTGCGATGGTTTTGATTTTTATGCTATTT
TAGCTGATGATTTGATATGCAACTTACGTTTATTTTTTTAATTGAATGTGCTTTGAGTATTTTACATATCCTGAAATTGTGATATTTG
ATAGGATGAGTATCACATTAATTTTTTAAATTTAAACATCACAGGATTTTTGAATGGTACCTCTTTTCAAAGATTTGACAATGAAGAAG
AGAAAAACAAAATACTAAATAGTAATGCAAAAGATATGCCGGAAGATATTAGGGAGAGAAAGGAGAATTGCCCTATGAAGCAGGTTGGAAG
TGCATTTGATTGGAATATATTCAATAAAAATAGGACGATTGAGAAATTGAACAGAGAGTAAAATTTAATGCAATTCTAATGATTATATCTGC
GAATGCCTGAATTTCCATTTTTAGAAAACATAGTATTAAATCTTTAGAAAACATAGTGGTTATCAACC

>VfSat15_TA
ATTTTTAAAATAAATTTTTAAAATTTAAATAACACATCATCTTGAATTTCTATTACCTAAGATGACACAATTACTAAGAGTCATTATCTCT
GATTTTGCAAATTCATAGTAAATCTAGCTTCTTTAAAAGTTTGATAAGTGTGTGCTGTGAATATAATATGTAATGTGATATAACATCA
CTTTAAAATATATACAAACAATATGAAGATCAATAGAGAAGACAAAACATATTAGTGTGTGCTTTAAAATACTCAAATCTTTAAAAAAA
TCATTCATATTCTAATGAATCATGCAAAACAAAATAATAATAACACAATATAGAGATATGTTTGTAGAAAAATTAGAATTGTTATTCAA
ACAAGTTTTATCTTAATATTTACATATACGAGAAAGCAAAAATAAGAAGAAATCTAAGATTATTTGATGCAAAAAGAAATACATACTATTGT
TATATTTATCATCTTCTTAAGTTTCTCTTTGTGCAAAGTATAACAATGACATGATCAAATTAAGATATGACATAAATCACCTTTATGCT
GAAAGAGTGTCTTTTTTATGTTGTTTTTCATCATAATATATAGTACCAATTTCTATAATAAGTTTACTACTATAATTTACTACTTTGT
AAGAGTTATAAGTAGTTAGTTTCTCTAGAACATAACAAGCAGTCACTTTTATGACATCTAGTAAGTGTGTATAAAATTTAAAATTTGATAAAT
AAATATATTTGCTCAAAAATTTGGGTAACATTAGTTAAAGGTTTTGGCTTTCTTTTTTAAACATTTCAATGTAAGAAATTTAAAATTTAAAC
TCGTGTAATGCAGGATTATAGAGTTTTGAGAAGTCGTCCATCTGACATTGCTCAAGACCCTACTAATACAACTTTATATACAATATAA
TTCTTCAAAAAAATATTTTTTTAAAAAAGG

>VfSat16_TA
AAGAAGGAAAGGAAAAATTTGAAATAAAACCCACAAACAAGGATAAGATGGTCTTCGAGACCAAGAGAGGGTACATGAGTCGGTTATGC
AAGGGGAAGGTATTAGCACCCCTCACATTCATCGTACTCGATGGGAACCATTTGGTTCTGTGTGTGTGTTTCGAGTGGTAGTGTGATAGTT
TGCAATCTTCTACTTATTAATCTTGAAGGAGAAAGAAGTAGGCTTTTTGTTTTTGTGTTGAGTTCGACAAGATTCCGCATCTTGTGT
CTACGTACTCCCTCGTGCAATGGGAAAGTCGAACTCCGTAGTCTTCTAAAAAAGACCAACGGTGTATTGCTTGAATTTAGAAGAAATGAT
GAGTTAGACATTTCAAACGTTTGAACCTCGACTTGTTTTGCTCGTTCGCGGAAACTAAGTCTTTGTGTTTGTCTTATTAATGAGTAA
AAACACATCTCTTTATGAAAAGGTTTTGATGTGCGCAAGGGCGAAAAACAAGTTTGTGAGTTGAAGTTGTTTTATGTTGGGTGATG
AGTACCGAAAAATCGGACTAACATCTACGACTCAAAATCTAGAAATAGAGGATAAATGAAGCTCAAAGAGTAGTCTCAACCCCAAAA
GTTATTTTCTTATGAAAAGATGAAGTGAACAAAGTTTACGCTTTATTAGGTTTTGACGAGTCTTAGACAATTTGCTCAACCAACCAAC
GATCTAAATACTCAAATTTATTATGAAAATGTTTTTGAATAATAAGTTCGACGTTGGATCGAGGATTTGAAACTTTATTATGAAAGTGCT
TTAGATAGAGAATGGGAGAAAGTCGATTGCGGTTGCAAAAGCAAACTCGACTTATCAAATTAGTTATGAGCTTCGTATGTGGACCAAGAGT
GCACGAGCTAGATTGATTCAATTAAGTGTTCATAGTGAATAAGCGATTAAAAGCAAAAATAAACTATTAAGCTATTACACGTCCAAATG
CAGGGATACACTTGTAAATGATGATTGACAAGTAAATCACACAAGCCCATACAAGGTGGCCACACAAATGAAAAGGATAAAGCAAAAAGA
GATGAATTAATCTTAAGTGCCTAGCAAAGTGGGCTAGTCTTCTAGACGACTAATTAGAATAAATTAACCGACTAGGTCTCACTGTAGG
AAAGCCAGGATTAAGCTATGAATGTGTGCAAGTGTGCATGTGTTTCGGTGTGGAGGGTCCAAGAGGAAGCCATGCGAGGTCGTTTGCGA
TGCTTA
GAAATAAATTGACTTATGGTGGAAAATTTGGCTCGCATTGAGCATTAGTTCTTTGAAAGGTTTCGATGATGATGATGAATGATTAAGG
TAAAGCAATAAAGTACAATTAATGATTATTACATCACACGGGATTGGGTACAACCTTTTGAATGGGGATGGAACCAACCAAAATCAACCA
CACACGAAAGCCTAATTAATTAACAATAACAGACCAATTGAACCAAAATAATTAATTAATAAATAAATAATTTTATTTAATATAATTT
ATTATTA
AAAAATAAAAAGGAAAGGGACATGGAATAATAAAAACAATGTAGTCCCGCCGAGATTTATTTATTTT

>VfSat17_TA
GGTAATTGTATCACACGCTTTTTATTTTAAATAATAAAAAAGTAAGTTTTTCTACTTAACCTAAATTTCTTTTTAAGAAGGAAAGCATA
CATTTGGTATGTTTGGCAGATGATGCAGGGATGAATATCTTACGTTGAACAATTAATAATGGATTGATTTGTTTTCTTCTAATAACTTC
TATGTTGTAATTTTTGAAATGTTTCTTATATAAAGAATGAGGATAAATTAAGCTTTTTTATTAATCATGTGACATGCACACATTTGATG
ATAGGTAACACACAAATTAATGTAATGATATTTTCTTCAAAACCAATCTTTTCTATAATATAGGTATGAGAATGGTGTATCTTT
TAGCAATGTATCCATTTAAAACACATTAATGATTATATCTCATTTTGTGAAACCTTATCTTTTTTTGTTCAAGAATCATACTAATTTATC
TAAGAAAAACACTAAGAAGTGGTGGTATCAACAAGTTTTCTAGTGTCCATGTCAATGAAAAAGCACATAAAATGTTATTCTGTATTGATTT
CAACCTTCACTCGCTTATGTTTAGTAATAGTCTCATTTTTATACTATTTAATTTATTTTTTAAAGTATTCTGGCATCGAATATGTGAAAAATC
TTACAATTTGACTTTAAAACATGTGACTAAAATTAATTTTATAAATGAACATGCTTTTAAATTTGATAGAGTATGCATCCTCTCAT
CTTTGCCTAAAAGAAATATCAAGAATGAAAGTTACTATATGAATAAATTA

>VfSat18_TA
AAGAATAAATTTAATAAGAATATAAAAAAGAGTTTTTATTTTTAAGACACAATAGGTCACACAATAAGATTTTTTTTTTAAAAGTCATG
CATATAGAATATATTTAATTTATGTCAAATTTATTGAAGTTATTGATTTTTAGGTATGATAAAAAACAAATTTTATATATGATAACAAT
TTTTAGCTCTTATTTATATGATAAAACTATATATGCTTATAAATAATTTTTTGGAAATAACTAAAAATTTATTTTTCTTGACCATTTAAGTT
TACTAAAAAAAATAACACAATTTCTTTACAATTTAAGGACAAAAACACTAATTTTCTAAAGACACTAAATGAATTTTCGACTCCTGCCT

ATCAATCATTCTCTCTTTTTTTAACTGCATTTTGTCTTACCTTTTCATTTTACTCATAAATTTCTCTGCAATTCAAACAAATA
TCCAAATTTCTTACAAAGTGATTTCTCAAATTTTTAATTCTCATTCAATTAATCTTATCTTAAATTTGGAATCTAAGATTCATCGGAAGT
ATTCCTTTTGAATCACATTTTATGGTTTTTAGACATAAATTTGTTATTGAATCTACTGCAATTCGCTAAGCTACTTTAAATTAGAACAAT
GTGGTTTTGGTTTTGATATGATTAAGGTTGTGAGTTAGATGATGCATTTTAGTTATATCTTAAATGTAATGATATTGAATCTTTGAAGATA
TTGTAATAACTATTATTACCTTACGGGAAAAAGTGACATAAAATTTTATAATAAATGATAACCACTCAAATAGGATTGATATTAATTA
TGTGTGTGATTAGTTGAAAAAAGTGGTTTATTAAATCAACAATATTTCTTTTCTTTACTATATTACTTGTTTTTAAATATGTAGTT
TATTAGAAAGTTTATATAAATTAATTTAGTGAGTATGCACATAAATTTAATAATGTTTAATTTTTAAATATTATAAATGTTCAAACATA
TGTTATGTTTGTATGAACTTGGGATCCAAGAAAAATAGAAAAAGTTAAATAAAATATTGATTTTTTTGTTGATAAATAAATTTTATT
ACTATATTTTCTTTATTACATAACTAAGTAGTAAAAATGATATATTGAACAAAACCTTTAAAAAATTTATTATTTTTCT

>VfSat19_TA

TTTTAATAATAGATTTTATTACCAAAATGACATGTGACCATAATTATTGCCAAAAATAACATGTGGCTACGGTTGTCATCATGACTTCTTT
TAAATTTATGATAAATAGATGCAATTGTAATAATCTTATAATGTAGTAATATTTTTTACATATATTTTAAAGTTGTAGAAACGCACCATAT
TTGTTTATGCAAAAAAACAATTTCTTGAATATTACCTAACAGATCTTATTTATTGTTACATATTTAATATTGTCATGTATCTTATATA
TGTTTACATACTTAATATTGTAATGTGTGAAAGTGAGATGTGGGCCGATGAGGGAGAATTCACAACACATTTGTTATTATAGGGATTAG
GAATATATAAGTTATCCTATTGGGCAGTGTATTGAAAAATTGAACATCGTTAGATTATAAAATAAATAAATATTAAATATGTTATACTTTTA
TGATGACTTTCTATAAGATTTATATTATAATTATTGTTGTCAAATTTTGTCAATTTCTAAATATTTCTAATTTAATTTAGTGATTTTA
AATATTATTTAATAGAAATTTTTGTAATAACATATAATTATGTTTTTAAATTTTTAAGAGTTGTAATTTGCATATTTAAGTTTAAATAAA
AATCATTTAAATCTTTTTAAAGAGTTCAAACCTATTTATAAATCATTTAGGCTTCTATATAAATAGACGACTTTATATTTGTTTATAAT
AAATTAGTCGATTAAATTTGATATTGAAAGAAAAAGAAAAATATAAAGTTGTTGATTTGTTTTATTAAGAAAAAGCTATAAATAAATTA
AATTTTTTGGGTATAAATAACAAATAACCATTTCAATTTACTTGTGCAGAATATTTACAAGTTGATTGAATTTGAAGTGATGATAATTGT
AATGGTTGAAGCCACTTATAAATCTCAAATGACATAAAAAATAAGTTTAAATTTAAATTTAATTTTAAATTAAGATTCTTGGAAATTAAGCT
GAGGAAAAAATAAGTTACTTGGATTAGTTTATTAAAATAAATTTAATCAATAAATAAATTTATGAACCTTAAAGAAAAATGATAA
TTATTAATAATATAAATTTTTCCAATTATAACGCAAAATCTATTAACATAAATAAATTTGTCAAAAGAGAAATAAACACAACGTCTT
TTGCCAACAAAACCTATAAGTTGATATATAGAATAGCTGATAAACCATATTATAAATAAATAAATTTAGTTTATTGAATTTGTTGTA
TTAATAAATAAATTAAGTTAAGTTAAGTTAATTTTAAATAGTTTTTACTATTATTATTATTATTTA

>VfSat20_TA

AAACTATAATCTTTCTTTAATTGTGTTGGCTAAAATACACTAATCAATTTGTCATTCATTTTAAATTTGTAATTTAATTTTTATTATCTGA
AATCTTTTAAATTAATAAATTATTAATAAATTTAATTTATCAAAAAATTTTAAATCAATTAATTTTAACTAATTAATCATCATCCAT
TGGAAGATTAAGACATATATCACATTTTTTATAAAAAGATTCAAATATGTAAGAAAAAGAATATGAAATAAATTAAGGAGAAAACATGC
CTTCGATATCTTGCATCTGATTTAAGAATGATTGAACCATATTCATATAGATGTTTCTTTTATTCTTCTATTGCATCCGTTTTTGTCCACA
TTTTTCTTCAAGTCTCTTTCAACCAATAGATTTCACTGTTAATTTCTCTTCATCAAGTACTAAATCAACTCTTGAAGATGGTCGTTTA
TAGATAACTAATCCCTTATTTTTTGGCATCTAATTTATTTCTTTTGTGTTTTTCTTCTTTATATAAGATAGTTTATTTATTATAA
GTCTCATTTTTCTGCCAGTCAAGACTTCTTACATGTAATAAATTTCAAATATTTTCTCTTTTTCAACAAAAGACTAGATCTTTTCAA
CTTTGCAAAAGGGTTAGCACTTTTATAAAACACATTTATTGATTATAAATTTCTTTCTTCTGATCACAACCTAGAGACAAAATGACAATG
GAGTAATCTTCTGATAACTTTGCAGAGAATTATTTCAATGGCATGTTACCATGATCAATGGTTCAAATTTGATTTTTCTAAAATGGT
AGAGATATGAAAAGTCCATTATCATCAATAATGGTCGCAGACACTTATATGCTCTTTGACATATGTTTTATTGCTTCGGAGTTGAAG
GTTTTGGAGTGAAA

>VfSat21_TA

CTTTTAGATTTTTAAACGTCAATGATAGCATTAAAAAAACAAGATTTGAGAAAAAGAAAATAAACTTTTGTAAATTTGAAAGTAGACGATG
ATTCATGGTGGTGGTAGGAAGTCCATGATATGAGAAAAAACTAAAAACATTTATGTGTGAGTGGTACATTATATCATTTAGTACAATCC
TTTTAATCTAATGGATCTTTTCCATGGTTTATCATGAACATTTAGGTGACGACTAAAATTTTAAATGTCTTTTATCATTATTTTGAATAAA
TATTTAAATTAATAAATTTTTGACTATCCCTTATAAAGTTGAAGATAATTCATGTCAAATGAGTATCAATAAATTTATTATTATTTTACAA
ATTATTTATGCTAACTTTTGGATGAGGGTTCAATTTGAATCTCTCATGTCACTAGTGAACAATTCAACTTTACCATAAAAATTAACAAGTC
TTCATTATATATTTATATACTGTATTAGATTAGATCTTTCCATGCCATCCCTATTTGTATTCTGTAGTGACAAATATGATCACACTAT
TGTAATCTCTTGCAAAATTTGATTATTATTGTTTTAGAATATCAATCCCATCAGAACAAGCTAAGGCTCTGTTAGTTCCACCACCATAT
TATTATTTTTATTTACTTTAGACAACAAGTACACGACCTATGATTTTTTTTTGGAATCTAAATCTTTCTTTTATGTTTTTTCAACTATA
CATTATGACGCTTCTATAAATAACAAAAACATATACTAGTATATTTATTTATTTTTTCTGTTATCTAATTTGCTCTCTCTATTTT
CATTTGATGTAGTTTTTACCCTAAAGCATTAAAAATAAAAAAGAAAATAGATGCCATAATATCAAATTTCTAAACGTATTATGATAACAAA
AATGTCAATTTTTTAAAAACAATTTCAAATCATTCAAGATGGATAATGAAATATAAGAGTGACACATTATGAAGTACTTAACATCATT
CAACCACTCACAAAGCTTGATATAATTTCCCAATCCAAA
ATTTTTATCAACAACCT

>VfSat22_TA

GATTATTAAGTACATCCACCTATCTCTTTTAAATGCTTTCTGAGTGGGGGAGATTACTAAGTAGACCCACATATCTGTCAATTTGATGTTTT
CTCATATTACAAGTTCAATACGAATGATGTTAAATATTATATGTTTTGCCATGTTAACTGCAACATACTTCACTACTGTATATTTCCAG
TTCATTTACTAAAAAAATCAATTAATAGTCAAATTTTTTCTCTGTTTATATTTTCAAGTAGACGGAATTTATTTCAATTTTAA
TTAAGATTTTCGCTTTACTTCTTATCTAAAAATCATTAAATTTGTTCTGTTAGCATTATTGGTCCCTCCGTTAACTTTTCTGAAAATTTAT
AATTTTTGCTAAACATGGCATGCAACTAGGATCTCAGTCGGTAAATATATAAACAATAAATTTGATTTTTATATAAAGCTTGGAGATTGTT
TTCAGCGGTTAAAAACCCCAAAATTTGTTAATGTGTAAAAAAAGAGACAATTTCTCTTTTCAATTAATAAATAAATTTCTCC
TTTCAAATTTCAAGCTCTTCAAGTATAACTGCATGTAATATATTATACATAAATAAATTTCTCTTTTCAAATTTAAAAACACTT
GGAGCTTTAAATACACCAATACATAATTTCAAACAACACATGCAATAATGAAATTTATCAATTTGGTAAATTAATAAAAAATTTGTCATCAA
GCAGAACAAGCTTGGAGCAGGAGCCTCAACACTTTTCAATTAATGATTTCTTGTACAAAACACTTCAATTAATAACCAAGATTGACATGTTT
CTTTTCTTAAAAACAACAATAATTAAGTAAACAATAAGTACTACTTTCGCTTGGATTAGTGACAAATAGTTTTCATATTTTACC
AGCATCCAACATTTGCAACACTGCAATAAAAATCAAATACGCAACACTTAAAGCAATTAACCTCTGTATTACAAATTTGGTAATATGA
AATTAACTCATAATATATCTAATTTGCTGAAACAATTAATGCAATAAACAGGGTTGCAACCACAACCTTGAACATCTGGTTGAAGGAGAACT
TTTTTAAACACATCAAACTTAAATTTCCGATTTCTTTTCTTCTCATCTTGTGTTGTTTGAACCTATAATCTTCTGCAACAACCCAAAAC
AACATAAACTCATAATAAATCAATAAAGAATTTTTTTCTCGATTTGATTGAGGAAACCAAAACCCAAAATTTGCATCAATTTAAAT
TATCGGAAAAAACCTTAACTTAACTTTTTTTGAAAATTAATAAATTTAAATTTGAAAGTTAAAGAAGATCCAAAATAACTAAT

CCAAACAGCGTTACCAACCACATCAAGGTAAGTAAAAGCAGGAGGAAGATGTAAAAAGAAAACAAATGAAGATGAAGGATGGGAAGCAGG
TGAAGAGTTTATGGATGAGAATGAAGAGAAAGAGGGTGACGGCTGCTAGGGTCTTGGAAGAAAAGAGAAAAGAAGTTTTTCATAAATATCA
AAAAAACACGTGATACGTTAAAAATCTATCACTGCCACATATGCAATAATTAACGTTGATTCTTGAAATTTAACGAAAATGACTAAAATA
ACTAACGGAAAAACATAAAGAAATAAAATAATAAATTAATTAAGAAATTAAGAAATTAAGAAATTAAGTGAATTAAGTGAATAAGAACAATCAATTTTATAG
AATAAGAATACGTGTTGATTTTTACATTAAAAAAAGTTGGGGAATTTTTCTATTTCAAAAAAGTATTATTAATCTTCATGCTATATTGGC
TAGAATGGTGGAGA

>VfSat23_TA

TTGAGAGATTTTCATGAAGGTTTGAATTATTTAGAATGATAATGGTTCATAAAAAAGACATAATTTTGAATTATGTACATGTCTTATTAAG
TCGGTTAAACGGCCACTTGATTAAACAAGTTTGAACATTTTTTAAATTTCAAATAATTTTTCAAATTTCAAATAGCATCAGGTTTTATTA
AATCGGTTAATCAGGCCTGGCCATAAAAGTGAACGACCTAACTTAAATATTTCTGGCAGCTTTTTAAAAATCAACTATTTTTATGCCTT
TATTTCAAAGATTTTTATGCATGACAATTTGAGAATTTATATATGAAAATGTATGAACACTTTGAGCATCTAAAGTTTATACATAATGA
ATTATAATTGTTTACCTTAGCATCAAGATCAATTTCTTTACTTCCAAAAATATCCATAAGCTTATGCATTCTTGATTCCAAGCTGTTTCT
TCTTTGACATTTCTTTTTGATAAAATTTGTCTTCTCAAACATAAATTAATAAGATGATGAACATCTTCTTCAATGATTTGATGTC
AAATTTGATATTAAGTTGATGCTTCTTCAAATCATCTTTCATTCAATGATATTTTTGGAACACTATATCATATGGTGTGATTTTTGA
AGGATCAATCATGATTTGACAATATTAGCACATGATCTTCAAGTACCTACAAAAAATTAGTAATACTTAGGTACCAATTTTCATTGGGTC
CTCTTGGGTTAGATACCTTCTCACCCATACATACTCACCATAAGGAATACCATAATTTCTTACGTTGCAGACATTATAAGTATGGTCTTT
TGCATTACAATAAAAAACAAATAGGTCTAAAAACATGATTCTTTTTATTGACTTAAAAGTTATTTCTATCATAAGGCTTTTTATGATGATTT
ACAACACGTTTTTTCTTTGAATCCTAATTGTTGAATTTCTTAGTAGCCTTTAGGAAGATAGTTGGACTTGTACTAGGTTTGTCAAAATTA
AAAATTCAAGTCCAAATTTATTATTTGAAAATATTTGACTACATGATACATTATCCAAGCTAATTTCCCTTTTTTCATATTTTTCAACGAC
TTGGTTTAATTCCATAATTTTTATTCAAATAAGAACAATTTATGATGCTGAATTTTTTATTAAGTCTAACTCCACTTTTGTGATATTA
ACCTCACTTTCTAGATTTAAAAATGTTTTATTTCGATTTAAAAATTTCTAAAAAGTTAAAAAATCATCATGTAATTTATTAAGGAC
TTTGTAAATTCATCATATGAAGGACTATCATCACTTGAGTTGATGTAAGT