

Supplementary Materials:

Table S1. Descriptions of the soil type, soil N content and N fertilization levels for N0 and N100 treatments for the six location-season combinations

Location	Soil type	Season	Residual soil N (kg N ha ⁻¹)	Basic N fertilization (kg N ha ⁻¹)	N top-dressing (kg N ha ⁻¹)		Total N (kg N ha ⁻¹)	
					N0 ¹	N100	N0	N100
Osijek	Eutric	2016/17	20	74	0	50+50	94	194
	cambisol	2017/18	42	74	0	50+50	116	216
Poreč	Red soil	2016/17	14	74	0	50+50	88	188
		2017/18	44	74	0	50+50	118	218
Zagreb	Carbonate	2016/17	27	74	0	50+50	101	201
	alluvium	2017/18	38	74	0	50+50	112	212

¹ N0-low N level; N100-high N level

Table S2. ANOVA and the sources of variation for the P, WG and GI.

Source of variation	df ¹	Means squares		
		P ²	WG	GI
YEAR	1	5,06***	105,5***	899***
LOCATION (LOC)	2	51,47***	281,2***	97***
CULTIVAR (CLT)	15	28,67***	232,7***	486***
N LEVEL (N)	1	169,93***	1244,2***	837***
YEAR * LOC	2	91***	13,2***	78***
YEAR*CLT	15	2,07***	31,7***	270***
YEAR*N	1	8,91***	196,4***	566***
CLT*N	15	0,92***	6,1***	122***
LOC*CLT	30	1,39***	13,2***	146***
LOC*N	2	49,33***	769,3***	168***
YEAR*CLT*N	15	0,67***	19,4***	93***
YEAR*LOC*CLT	30	0,93***	16,2***	159***
YEAR*LOC*N	2	16,56***	18,1***	197***
LOC*CLT*N	30	0,45***	2,7***	113***
N*YEAR*LOC*CLT	30	0,41***	11,5***	71***
Residuals	192	0,01	0.1	2

¹ df - degrees of freedom; *, **, *** - significant at the level of probability p≤0.95,0.99,0.999
P-grain protein content; WG=wet gluten; GI=gluten index

Table S3. ANOVA and the sources of variation for the grain AG and GLI fractions

Source of variation	df ¹	Means squares				
		AG ²	GLI	α -GLI	γ -GLI	ω -GLI
YEAR	1	0,18***	292,08***	545,07***	4,25***	12,36***
LOCATION (LOC)	2	312,84***	11,03***	7,78***	1,49*	47,37***
CULTIVAR (CLT)	15	140,27***	400,9***	175,8***	68,94***	35,05***
N LEVEL (N)	1	3,53**	76,59***	76,95***	0,12***	0,74***
YEAR * LOC	2	171,39***	76,25***	11,2***	12,14***	33***
YEAR*CLT	15	9,58***	33,16***	14***	4,53***	5,39***
YEAR*N	1	116,82***	181,09***	65,09***	0 ^{ns}	22,96***
CLT*N	15	11,41***	6,76***	2,62***	2,54***	3,91***
LOC*CLT	30	15,1***	30,3***	10,24***	4,02***	4,08***
LOC*N	2	50,51***	102,83***	22,69***	36***	0,07 ^{ns}
YEAR*CLT*N	15	5,92***	20,84***	7,36***	3***	3,46***
YEAR*LOC*CLT	30	18,55***	25,97***	7,07***	4,3***	3,95***
YEAR*LOC*N	2	26,75***	92,49***	48,63***	2,26***	4,65***
LOC*CLT*N	30	4,35***	22,12***	6,32***	2,03**	5,05***
N*YEAR*LOC*CLT	30	8,77***	25,87***	7,61***	2,12***	5,27***
Residuals	192	0,45	0,91	0,56	0,32	0,06

¹df - degrees of freedom; *, **, *** - significant at the level of probability $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$; ns - non-significant

²AG-albumins and globulins; GLI-gliadins

Table S4. ANOVA and the sources of variation for the grain GLU fractions

Source of variation	df ¹	Means squares			
		GLU	HMW-GS	LMW-GS	GLI/GLU
YEAR	1	306,2***	18,46***	169,9***	0,79***
LOCATION (LOC)	2	335,69***	99,31***	69,56***	0,52***
CULTIVAR (CLT)	15	482,82***	37,55***	375,44***	2,16***
N LEVEL (N)	1	46,13***	0,73***	58,75***	0,29***
YEAR * LOC	2	48,23***	6,27***	32,92***	0,1***
YEAR*CLT	15	20,38***	3,77***	12,97***	0,1***
YEAR*N	1	7,34***	0,51 ^{ns}	10,8***	0,28***
CLT*N	15	6,31***	1,45***	3,61***	0,02***
LOC*CLT	30	32,33***	4,67***	15,9***	0,12***
LOC*N	2	29,58***	8,19***	8,36***	0,18***
YEAR*CLT*N	15	16,23***	3,84***	8,02***	0,06***
YEAR*LOC*CLT	30	30,01***	8,16***	10,34***	0,1***
YEAR*LOC*N	2	23,45***	4,24***	11,14***	0,17***
LOC*CLT*N	30	20,69***	2,73***	10,77***	0,07***
N*YEAR*LOC*CLT	30	15,95***	3,5***	7,36***	0,08***
Residuals	192	0,34	0,16	0,23	0

¹df - degrees of freedom; *, **, *** - significant at the level of probability $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$; ns - non-significant

²GLU= glutenins, HMW-GS=high molecular weight-glutenin subunits, LMW-GS=low molecular weight-glutenin subunits, GLI/GLU=gliadins/glutenins ratio

Table S5a. Rainfalls. Rainfalls (mm) by years and months for locations Osijek, Poreč and Zagreb.

Year	2016			2017			2018			1889-2019	1861-2019	1985-2015
Month	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb
I	70,6	79,2	73,7	36,9	23,8	36,6	59,1	36,9	80,9	45,4	54,4	50,7
II	76	190,9	157,4	52,1	149,8	53,6	70,9	160,2	133,3	42,6	54,1	46,7
III	58	122,3	51,7	55,7	27,2	23,8	71,9	92,8	89,1	45,4	49,6	55
IV	38,1	49,7	53,9	54,8	63,5	49,5	25,1	44	64,6	57,9	60,2	65,7
V	39,6	94,5	100,8	50,5	56,1	39,6	77,6	53,1	79,9	70,9	65,6	82,3
VI	164,8	74,5	132,5	35,7	55,9	100,4	102,9	86,7	135,4	82,7	70,2	95,7
VII	114,2	13,9	57,6	60,1	15,1	49,1	89,2	51,7	110,9	61,3	48,9	83
VIII	48,7	80,3	74	24	32,3	45,8	45,6	92,7	39,2	59	74,4	83,4
IX	37,6	156,7	56,6	64,6	357	227,1	106,1	29,5	55,7	55,7	98,2	86,4
X	68	174,1	112,7	55,7	12,6	78,6	13,7	101,3	71,6	59,3	98,7	90,5
XI	54,8	105,5	100,9	37,3	167,6	116,3	31,9	82,6	80,9	59,8	110,9	83,5
XII	0,8	1	2,1	44	132,6	101,6	24,4	26,8	26,8	53,7	72,9	63,6
Total (mm)	771,2	1.142,60	973,9	571,4	1.093,50	922	718,4	858,3	968,3	693,7	858,1	886,5

Table S5b. Temperatures. Temperatures (°C) by years and months for locations Osijek, Poreč and Zagreb.

Year	2016			2017			2018			1889-2019	1985-2015	1861-2019
Month	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb	Osijek	Poreč	Zagreb
I	0,8	6,1	0,3	-5,9	2,5	-4,3	3,8	8	4,7	0,6	5,6	0,5
II	6,7	8,9	6,2	3,5	7,1	4,6	0,6	4	0	1,3	5,7	2,7
III	7,8	9,4	7,4	9,4	10,6	9,9	4,1	8,1	4,7	6,3	8,6	7,2
IV	13,7	13,3	12,2	11	12,6	12	16,4	15,1	15,1	11,6	12,4	12
V	16,8	16,5	15,7	17,4	17,5	17,3	19,9	19,5	18,7	16,6	17	16,5
VI	21,5	21,8	20,7	22,1	23,3	22,2	21,1	21,4	20,7	19,9	20,7	19,8
VII	24,3	25,1	23	22,9	24,4	23,6	21,4	24,6	22	21,7	23,3	21,9
VIII	22,4	23,0	20,3	23,4	24,8	23,3	23,3	25,4	23	21	23,2	21,2
IX	20,2	20,1	18,1	16,2	17,7	15,2	17,7	19,8	17,2	16,7	19,1	17,2
X	11,5	13,8	9,9	11,9	14,1	11,4	13,9	15,9	13	11,3	15,1	11,9
XI	5,8	10,9	6,2	6,5	10,1	6,6	8,1	11,7	8,5	5,8	10,6	6,5
XII	-0,3	6,1	-0,9	3,1	6,1	3,3	1	6,2	1,7	1,4	6,8	2,1
Average (°C)	12,7	14,60	11,6	11,9	14,20	12,1	12,7	15	12,6	11,2	14	11,6

Table S5c. Summary_rainfalls. Seasonal average rainfalls (mm) in the period from planting to harvest (November-June)

Location	2016/17	2017/18	Average
Osijek	341,3	463,8	402,6
Poreč	482,8	773,9	628,4
Zagreb	406,5	801,1	603,8
Season Average	410,2	679,6	544,9

Table S5d. Summary_temperatures. Seasonal average temperatures (°C) in the period from planting to harvest (November-June)

Location	2016/17	2017/18	Average
Osijek	7,9	9,4	8,7
Poreč	11,3	11,5	11,4
Zagreb	8,4	9,2	8,8
Season Average	9,2	10,1	9,6