



Contents lists available at ScienceDirect

Animal Feed Science and Technology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/anifeedsci](http://www.elsevier.com/locate/anifeedsci)



## Meta-analysis of the effects of dietary sources of selenium on lactational performance and oxidative status of dairy cows

Adib N. Respati<sup>a,1</sup>, Yulianri R. Yanza<sup>b,1</sup>, Aan A. Yano<sup>c</sup>, Dian Astuti<sup>d</sup>, Niati Ningsih<sup>a</sup>, Triswanto<sup>e</sup>, Lailatul Purnamayanti<sup>f</sup>, Besse M.W.T. Gading<sup>g</sup>, Wira W. Wardani<sup>h</sup>, Anuraga Jayanegara<sup>i,j</sup>, Adam Cieślak<sup>k</sup>, Agung Irawan<sup>c,l,\*,1</sup>

### متاآنالیز اثرات منابع خوراکی سلنیوم بر عملکرد شیردهی و وضعیت اکسیداتیو گاوهای

#### شیری

سلنیوم یک عنصر کمیاب ضروری برای حفظ سیستم های فیزیولوژیکی و ایمنی طبیعی است. نقش انواع و اشکال مختلف سلنیوم بر عملکرد تولیدی و وضعیت آنتی اکسیدانی گاوهای شیری در شواهد تجربی موجود بسیار زیاد است و بنابراین، نیاز به خلاصه کمی دارد. این متاآنالیز اثرات انواع و اشکال مختلف دریافت سلنیوم را بر وضعیت تولیدی و اکسیداتیو مراحل مختلف فیزیولوژیکی گاوهای شیری ارزیابی کرد. یک پایگاه داده از ۲۹ نشریه بررسی شده ساخته شد که عملکرد شیردهی، غلظت سلنیوم در خون یا شیر، یا پارامترهای آنتی اکسیدانی گاوهای شیری را گزارش کردند. در مجموع ۱۳۹ مشاهدات با ارزیابی سطوح Se (درصد)، مصرف (mg/d)، اشکال سلنیوم (آلی در مقابل معدنی)، انواع سلنیوم (Se-selenite, Se-methionine, Se-yeast)، بر اساس تحلیل های رگرسیون چند متغیره و چند متغیره مدل مختلط در آنالیز قرار گرفتند. سپس، مدل ها مورد ارزیابی و اعتبارسنجی متقابل قرار گرفتند تا بهترین مدل ها بر اساس برخی پارامترهای مهم انتخاب شوند. مصرف سلنیوم، در هر شکل و نوع، ارتباطی با تولید شیر نداشت، اما به دلیل روند افزایش خطی تولید چربی شیر (گرم در روز) با تولید شیر تصحیح شده با چربی (FCM) ارتباط مثبت داشت. اثر متقابل قابل توجهی از مصرف سلنیوم با مرحله شیردهی مشاهده شد. مصرف روزانه سلنیوم بر مصرف ماده خشک (DMI) گاوهای پیرامون زایمان تأثیر مثبتی داشت اما بر مصرف ماده خشک گاوهای شیرده تأثیری نداشت. افزایش مصرف سلنیوم منجر به افزایش خطی مصرف ماده خشک و افزایش متوسط گلوکوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px) در طول دوره بعد از زایمان شد، اما در اوایل و اواسط

شیردهی گاوهای شیری تأثیر معنی داری نداشت. مدل برهمکنش اشکال دریافت سلنیوم و میزان مصرف سلنیوم بهترین پیش بینی کننده برای ارزیابی غلظت سلنیوم در خون و شیر بود. سلنیوم آلی نرخ انتقال بالاتری از جیره غذایی به خون بدون تفاوت آماری بین Se-yeast و Se-methionine داشت. در شیر، مصرف Se-methionine افزایش خطی قوی در غلظت سلنیوم را نشان داد و ۴۷٪ شیب انتقال بالاتری نسبت به Se-yeast داشت (به ترتیب ۲,۴۷ میکروگرم بر کیلوگرم و  $R^2 = 0.91$  در مقابل ۱,۶۸ میکروگرم بر کیلوگرم و  $R^2 = 0.48$ ). مقدار مصرف روزانه سلنیوم نیز به طور منحنی بر فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و غلظت مالون دی آلدئید تأثیر می گذارد. در مجموع، مدل های پیش بینی شده و نتایج متاآنالیز حاضر ارائه می دهند که سلنیوم آلی، به ویژه Se-methionine، نرخ انتقال بالاتری از جیره به شیر نسبت به Se-yeast دارد. همچنین می تواند پروتئین شیر و شیر تصحیح شده با چربی را در گاوهای شیرده و وضعیت آنتی اکسیدانی را در دوره قبل از زایمان در گاوهای شیری بهبود بخشد.

به طور کلی، متاآنالیز ما یک همبستگی مثبت و قوی را بین مصرف سلنیوم ارگانیک و میزان سلنیوم شیر نشان داد که ممکن است مزایای تغذیه ای برای انسان ارائه دهد. مدل پیش بینی نشان داد که Se-methionine نسبت به Se-yeast دارای نرخ انتقال بیشتری از جیره به شیر است. افزایش تخمینی میزان سلنیوم در شیر به میزان ۲,۴۷ میکروگرم بر کیلوگرم ممکن است برای افزایش ۱ میلی گرم در روز مصرف Se-methionine قابل انتظار باشد. یک روند متمایز از اثرات مصرف سلنیوم بر وضعیت آنتی اکسیدانی بین شیردهی و حین زایمان مشاهده شد، که در آن پاسخ مثبت افزایش مکمل سلنیوم احتمالاً در حین زایمان بارزتر است. نتایج ما همچنین نشان داد که افزایش سلنیوم مکمل در طول دوره قبل از زایمان ممکن است به بهبود مصرف ماده خشک کمک کند.

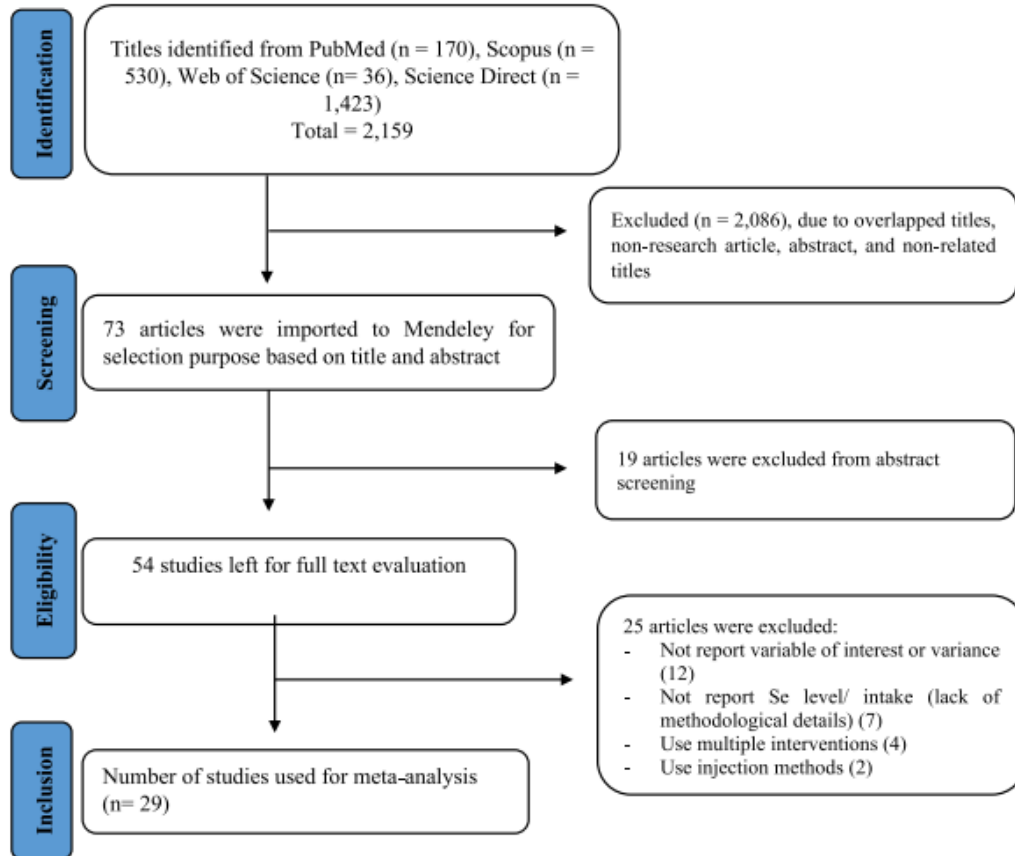


Fig. 1. Flowchart of article selection based on PRISMA protocol.





**Table 1**  
 List of studies selected for meta-analysis.

No	Study	Year	N	Breed	Parity	DIM	Se (mg/kg DM)	Se Intake (mg/d)	Se Types
1	Hachemi et al. (2023)	2023	24	Holstein	Pluriparous	178	0.50 – 1.18	12.07–28.13	SM, SY
2	da Silva et al. (2023)	2023	32	Holstein	Pluriparous	-30–7	0.18 – 0.26	3.77–6.27	SS, SY
3	Didara et al. (2022)	2022	30	Holstein	Multiparous	42	0.30	7.14	SS, SM
4	Li et al. (2022)	2022	45	Holstein	Multiparous	56	0.04 – 0.34	0.85–7.17	SS, HMBSe
5	Netto et al. (2022)	2022	24	Jersey	Multiparous	62	0.20 – 2.70	2.50–34.02	SY
6	Salles et al. (2022)	2022	32	Jersey	Multiparous	76	0.18 – 2.98	1.90–30.78	SY
7	Pomport et al. (2021)	2021	36	Holstein	Multiparous	148	0.20 – 0.49	1.93–4.98	SS, SY
8	Sun et al. (2021)	2021	36	Holstein	Multiparous	131	0.11 – 5.11	2.46–116	SY
9	Azorin et al. (2020)	2020	20	Holstein	Multiparous	170	0.24	5.4	SS, SY
10	Barbé et al. (2020)	2020	45	Holstein	Multiparous	124	0.40 – 0.60	8.60–13.86	SY, SM
11	Zhang et al. (2020)	2020	60	Holstein	Multiparous	103	0.09 – 0.39	1.73–8.40	SS
12	Khalili et al. (2019)	2019	24	Holstein	Multiparous	-21–22	0.10 – 0.50	1.03–5.96	SS, SY, SM
13	Sun et al. (2019)	2019	8	Holstein	Multiparous	141	0.03 – 0.60	3.71–3.94	SS, HMBSe
14	Gong and Xiao (2018)	2018	20	Holstein	Multiparous	-21–21	0.30 – 0.60	3.06–11.28	SY
15	Bagnicka et al. (2017)	2017	16	Holstein	Multiparous	150–240	0.39 – 0.41	6	SS, SY
16	Sun et al. (2017)	2017	50	Holstein	Multiparous	153	0.06 – 0.50	1.15–10.15	SS, HMBSe
17	Séboussi et al. (2016)	2016	33	Holstein	Primiparous	187	0.12 – 0.79	2.90–17.30	SS, SY
18	Hall et al. (2014)	2013	20	Jersey	Multiparous	-56	0.30	3.00–18.00	SS, SY
19	Meyer et al. (2014)	2014	30	Holstein	Multiparous	218	0.08 – 0.45	1.70–10.08	SY
20	Gong et al. (2014)	2014	14	Holstein	Multiparous	150	0.32	4.70–4.74	SS, SY
21	Oltramari et al. (2014)	2014	24	Holstein & Brown Swiss	Pluriparous	na	0.28 – 0.62	6.44	SS, SY
22	Salman et al. (2013)	2013	16	Holstein	Pluriparous	na	0.18	3.06–9.06	SS, SY
23	Cortinhas et al. (2012)	2012	19	Holstein	Primiparous	-60–80	0.40 – 0.50	4.70–6.60	SS, SY
24	Stockdale et al. (2011)	2011	70	Holstein	Multiparous	78	0.12 – 0.23	17.28–26.82	SY
25	Calamari et al. (2010)	2010	40	Italian Friesian	Multiparous	60	0.09 – 0.50	2.36–11.15	SS, SY
26	Wang et al. (2009)	2009	28	Holstein	Multiparous	63	0.07 – 0.45	1.17–7.49	SS, SY
27	Phipps et al. (2008)	2008	40	Holstein	Multiparous	54	0.16 – 0.45	3.65–10.31	SS, SY
28	Juniper et al. (2006)	2006	20	Holstein	Multiparous	54	0.15 – 0.40	3.53–9.36	SS, SY
29	Ortman and Pehrson (1999)	1999	42	Swedish Red & White	Primiparous	78	0.12 – 0.31	1.80–5.76	SS, SY

DIM = day in milk; N = number of animals in the study; SS = Sodium selenite or selenate; SY = Selenium-yeast (*Saccharomyces cerevisiae* fermentation product); SM = hydroxy-selenomethionine; HMBSe = 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid





**Table 2**  
 Descriptive data included in the present meta-analysis.

Observed item	Unit	N	Mean	SD	Min	Max
<i>Dietary nutrient intake and composition</i>						
Se level	mg/kg DM	136	0.46	0.62	0.04	5.11
Se daily intake	mg/cow/d	139	9.24	11.60	0.85	116.0
CP	g/kg DM	102	159.7	21.7	107.0	209.0
NDF	g/kg DM	97	353.1	61.7	220.0	531.0
ADF	g/kg DM	58	221.7	28.8	173.0	289.4
ME	MJ/kg DM	22	11.4	1.05	11.4	12.72
NE <sub>L</sub>	MJ/kg DM	93	6.82	0.38	5.82	7.66
<i>Lactation performance</i>						
Milk yield	kg/d	100	27.73	6.59	9.71	39.90
DMI	kg/d	110	18.56	5.96	9.53	36.15
FCM	kg/d	40	27.31	7.54	9.94	38.40
Milk/DMI	kg/kg	80	1.37	0.24	0.78	1.82
Fat	g/kg	97	38.2	4.4	23.6	45.6
Protein	g/kg	97	33.1	1.8	29.1	36.9
Lactose	g/g	88	47.9	1.8	44.9	52.0
Fat	g/d	66	1057.7	236.6	480.0	1505.0
Protein	g/d	66	934.4	190.9	460.0	1276.8
Lactose	g/d	64	1354.0	266.0	610.0	2053.7
<i>Selenium concentrations</i>						
Se in blood	µg/L	89	145.2	89.78	9.00	683.0
Se in milk	µg/L	82	57.8	80.03	0.99	583.0
<i>Blood profile and antioxidant status</i>						
GSH-Px	U/mL	73	313.5	309.4	38.75	923.6
SOD	U/mL	33	100.0	17.87	80.89	140.4
T-AOC	U/mL	44	2.94	1.46	1.39	6.74
MDA	mmol/L	37	3.96	1.75	0.56	7.10
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	mmol/L	18	44.27	6.04	35.60	56.70
AST	U/L	24	86.30	29.63	39.60	135.0
ALT	U/L	17	25.06	6.64	10.20	30.00
ALP	U/L	18	62.16	24.51	29.40	99.10
Glucose	mmol/L	33	19.53	23.99	1.90	66.40

N = sample size; SD = standard deviations; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; ME = metabolizable energy; NEL = net energy for lactation; DMI = dry matter intake; FCM = fat-corrected milk; GSH-Px = glutathione peroxidase; SOD = superoxide dismutase; T-AOC = total antioxidant capacity; MDA = malondialdehyde; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = hydrogen peroxide; AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; ALP = alkaline phosphatase





**Table 3**  
 The relationship between dietary Se intake (mg/d) and estimated parameters.

Response variables	n	Model	Parameter estimates					P-value <sup>1</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	AIC	P-value of interaction effect			
			$\beta_0$	SE	$\beta_1$	SE	$\beta_2$					SE	Se × Phase	Se × Type	Se × Form
Milk yield, kg/d	100	L	26.8	1.32	0.04	0.027		0.14	4.88	0.010	569	0.59	0.96	0.61	
DMI, kg/d	110	L	17.4	1.08	0.01	0.009		0.56	4.61	0.086	574	< 0.01	0.09	0.33	
FCM, kg/d	40	L	26.5	2.54	0.05	0.015		0.01	4.62	0.080	189	0.44	0.75	0.18	
Milk / DMI	80	L	1.46	0.06	-0.01	0.003		0.78	4.05	0.030	72	0.04	0.98	0.50	
Milk composition															
Milk fat, g/kg	97	L	37.8	1.0	0.3	0.27		0.58	0.12	0.320	74	1.00	0.85	0.99	
Milk protein, g/kg	97	L	32.8	0.5	0.01	0.01		0.91	0.32	0.001	-124	0.63	0.45	0.34	
Milk lactose, g/kg	97	L	47.7	0.4	0.02	0.01		0.11	0.14	0.020	-92	0.70	0.42	0.99	
Milk fat, g/d	66	L	1007	48.7	1.47	0.77		0.06	0.12	0.012	790	0.60	0.71	0.64	
Milk protein, g/d	66	L	894.4	45.5	1.80	0.67		0.06	169	0.010	799	0.69	0.08	0.31	
Milk lactose, g/d	64	L	1318	64.9	2.40	0.80		0.06	124	0.030	819	0.48	0.26	0.29	
Se concentration and metabolic variables															
Se in blood, µg/L	89	Q	129.1	10.8	-13.68	9.55	21.6	3.11	< 0.01	158	0.022	840	0.63	0.01	< 0.01
		L	113.2	9.82	2.7	0.225			0.01		908				
Se in milk, µg/L	82	Q	47.03	7.67	-36.71	14.65	20.8	4.41	< 0.01	35.6	0.463	793	< 0.01	0.10	0.11
		L	16.2	5.62	2.56	0.31			< 0.01		794				
GSH-Px, U/mL	85	L	237.8	24.1	0.29	0.13			0.03	11.1	0.890	809	0.12	0.07	< 0.00
SOD, U/mL	33	Q	92.16	7.72	31.03	14.49	-5.78	2.78	0.04	213	0.010	253	0.17	0.52	0.72
		L	90.4	6.32	1.98	0.75			0.54		267				
T-AOC, U/mL	44	L	10.5	1.96	0.003	0.007			0.32	6.7	0.001	145	0.68	0.48	0.74
MDA, mmol/L	37	Q	4.96	0.58	-2.27	0.75	0.43	0.15	0.01	0.66	0.010	106	0.08	0.58	0.04
		L	4.56	0.52	-0.104	0.040			0.57		132				
H-Px, mmol/L	18	L	44.0	3.61	-0.23	0.60			0.78	0.81	0.001	110	0.04	0.02	0.03
AST, U/L	24	L	70.5	14.3	1.31	0.79			0.20	0.33	0.970	176	0.82	0.08	0.05
ALT, U/L	17	L	23.0	6.06	-0.10	0.20			0.22	11.9	0.130	73	0.85	0.72	0.19
ALP, U/L	17	Q	18.2	25.1	158.7	68.11	-104	40.23	0.02	2.30	0.080	140	0.94	0.85	0.01
		L	54.8	17.0	0.07	0.65			0.27		154				
Glucose, mmol/L	33	L	24.9	3.68	0.01	0.017			0.65	7.14	0.480	110	0.94	0.27	0.85

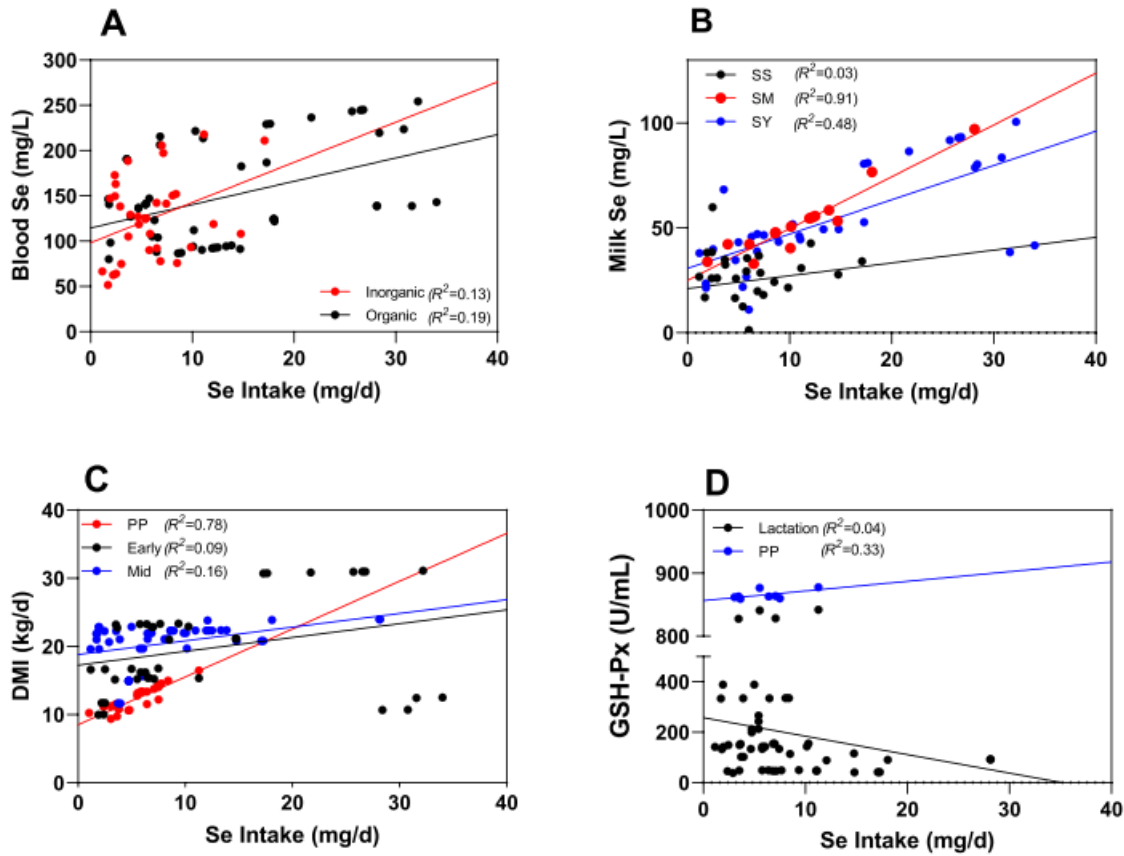
DMI = dry matter intake; FCM = fat-corrected milk; GSH-Px = glutathione peroxidase; SOD = superoxide dismutase; T-AOC = total antioxidant capacity; MDA = malondialdehyde; H-Px = hydrogen peroxide; AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; ALP = alkaline phosphatase  
 L = linear model; Q = quadratic model; Se × Phase = interaction effect between Se intake and lactation phase; Se × Type = interaction effect between Se intake and Se types (organic vs inorganic); Se × Form = interaction effect between Se intake and Se forms (SS, SY, or SM);  $\beta_0$  = overall intercept; SE ( $\beta_0$ ) = standard errors of intercept;  $\beta_1$  = slope of linear term; SE ( $\beta_1$ ) = standard error of the slope;  $\beta_2$  = slope of quadratic term; R<sup>2</sup> = regression coefficient of the model; RMSE = root mean square errors; AIC = Akaike information of criterion

**Table 4**  
 Model evaluation performance of selected important variables.

Estimated variables	Model	Model evaluation parameters									
		R <sup>2</sup>	AIC	RMSPE	R <sup>2*</sup>	MB	SB	RSR	r	Cb	CCC
DMI	L	0.003	574	2.003	0.888	0.035	0.033	0.335	0.943	0.995	0.938
	Q	0.021	582	1.971	0.892	0.031	0.027	0.329	0.944	0.996	0.940
	L × Phase	<b>0.156</b>	<b>531</b>	<b>1.633</b>	<b>0.925</b>	<b>0.013</b>	<b>0.011</b>	<b>0.282</b>	<b>0.962</b>	<b>0.998</b>	<b>0.960</b>
	Q × Phase	0.051	554	1.849	0.904	0.019	0.016	0.309	0.951	0.997	0.948
Se in blood	L	0.071	863	30.32	0.815	1.409	43.75	0.438	0.903	0.977	0.882
	Q	0.073	854	30.45	0.813	1.484	43.14	0.440	0.902	0.977	0.881
	L × Type	0.147	852	27.61	0.846	0.650	21.95	0.399	0.919	0.984	0.905
	L + Form	0.073	865	30.34	0.815	1.467	44.01	0.438	0.903	0.977	0.882
	L × Form	<b>0.138</b>	<b>851</b>	<b>27.54</b>	<b>0.847</b>	<b>0.686</b>	<b>34.67</b>	<b>0.398</b>	<b>0.920</b>	<b>0.984</b>	<b>0.906</b>
Se in milk	Q + Form	0.159	855	27.88	0.844	0.678	37.19	0.403	0.918	0.983	0.903
	L	0.187	762	37.36	0.614	46.93	208.6	0.683	0.783	0.808	0.633
	Q	0.186	763	37.76	0.604	48.72	209.3	0.690	0.777	0.801	0.623
	L × Type	0.256	747	35.59	0.631	26.13	151.3	0.650	0.794	0.854	0.679
	L + Form	0.181	751	35.81	0.642	35.80	189.3	0.654	0.801	0.836	0.670
GSH-Px	L × Form	<b>0.247</b>	<b>750</b>	<b>35.52</b>	<b>0.645</b>	<b>34.00</b>	<b>180.3</b>	<b>0.649</b>	<b>0.803</b>	<b>0.843</b>	<b>0.677</b>
	L × Phase	0.223	760	37.18	0.593	33.26	147.8	0.679	0.770	0.835	0.643
	L + Form + Phase	0.267	752	35.06	0.648	27.36	164.2	0.641	0.805	0.855	0.689
	L	0.001	783	22.78	0.995	3.550	12.26	0.074	0.997	0.999	0.997
	L + Phase	<b>0.656</b>	<b>766</b>	<b>23.15</b>	<b>0.994</b>	<b>2.670</b>	<b>3.01</b>	<b>0.075</b>	<b>0.997</b>	<b>0.999</b>	<b>0.997</b>

R<sup>2</sup> = regression coefficient of the model; AIC = Akaike information of criterion; R<sup>2\*</sup> = R<sup>2</sup> of predicted vs observed value; MB = mean bias; SB = slope bias; RSR = RMSPE-observations SD ratio; Cb = model accuracy; r = Pearson correlation coefficient; RMSPE = root mean square prediction error; CCC = concordance correlation coefficient. Evaluated models are linear (denoted as L), quadratic (denoted as Q), or their interaction with lactation phase (Phase), Se type (Type; organic or inorganic), and Se form (SS, SY, or SM).





**Fig. 2.** The relationship between Se intake with Se concentration in blood and in milk (top quadrant). A = Regression equation of organic Se intake on Se in blood:  $y = 115 + 2.57x$ ;  $R^2 = 0.19$ , and inorganic Se intake:  $y = 98.4 + 4.44x$ ;  $R^2 = 0.13$  ( $P < 0.01$  for organic vs inorganic). B = regression plots comparison between SS, SM, and SY on milk Se (black solid line is regression line of SS intake:  $y = 21.1 + 0.61x$ ;  $R^2 = 0.03$ ; red solid line is regression line of SM intake,  $y = 25 + 2.47x$ ;  $R^2 = 0.91$ ; and blue solid line is the regression line of SY,  $y = 30.7 + 1.63x$ ;  $R^2 = 0.48$ ) ( $P < 0.01$  for SM/SY vs SS). C = Regression plot of Se intake on DMI in early, mid, and PP period (equation for early:  $y = 17.3 + 0.203x$ ;  $R^2 = 0.09$ ; equation for mid:  $y = 18.8 + 0.201x$ ;  $R^2 = 0.16$ ; and equation for PP:  $y = 8.52 + 0.702x$ ;  $R^2 = 0.78$ ) ( $P < 0.01$  for PP vs Early and Mid). D = regression plot of Se intake on GSH-Px activity during lactation vs PP period (equation for lactation period:  $y = 258 - 7.33x$ ;  $R^2 = 0.04$ ; and equation for PP period: equation for early:  $y = 856 + 1.53x$ ;  $R^2 = 0.33$ ) ( $P < 0.01$  for Lactation vs PP).



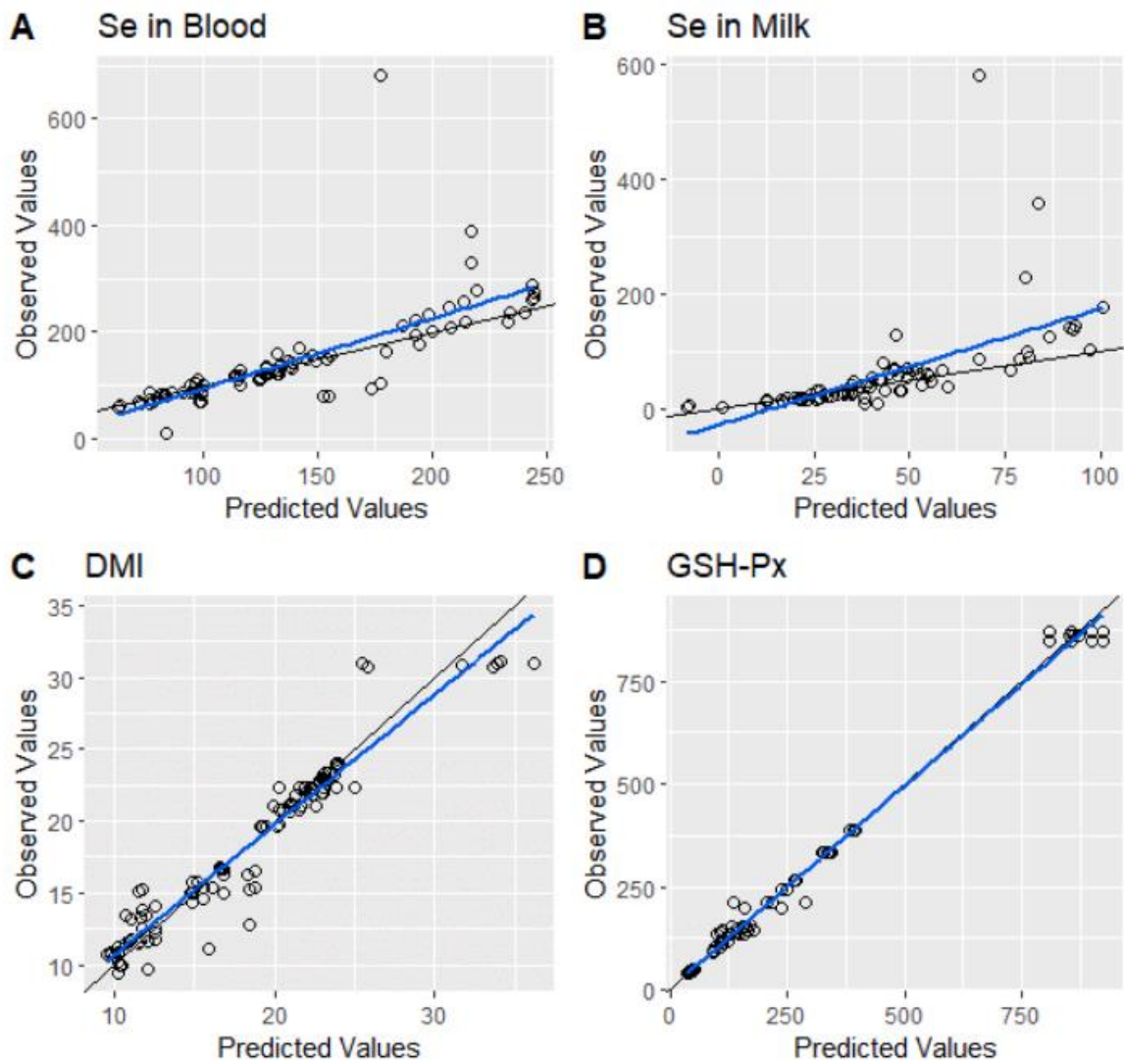


Fig. 3. Observed vs. predicted plots for the best-performing models of Se in blood (A), Se in milk (B), DMI (C), and GSH-Px activity. The blue and black solid lines represent the fitted regression line for the relationship between the predicted and observed values and the identity line ( $y = x$ ), respectively.







**Table 5**  
 Categorical comparisons of dietary Se supplementation in dairy cows.

Estimated variables	Unit	n	SS	SM	SY	CON	SEM	P-value
<i>Milk production and feed intake</i>								
Milk production	kg/d	100	27.49	27.80	27.17	26.29	0.67	0.239
DMI	kg/d	110	17.18	17.62	17.51	17.38	0.58	0.785
FCM	kg/d	40	26.58 <sup>ab</sup>	27.80 <sup>a</sup>	25.43 <sup>bc</sup>	24.76 <sup>c</sup>	1.16	0.016
Milk / DMI		80	1.43 <sup>a</sup>	1.35 <sup>b</sup>	1.42 <sup>a</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	0.03	0.029
<i>Milk nutrient composition</i>								
Milk fat	g/kg	97	37.9	38.5	37.9	37.9	0.50	0.863
Milk protein	g/kg	97	32.6 <sup>ab</sup>	33.0 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	31.0 <sup>b</sup>	0.20	0.023
Milk lactose	g/kg	97	47.8 <sup>a</sup>	48.1 <sup>a</sup>	48.1 <sup>a</sup>	47.4 <sup>b</sup>	0.20	0.019
Milk fat	g/d	66	1024	1034	1031	988	28.9	0.318
Milk protein	g/d	66	926 <sup>a</sup>	906 <sup>ab</sup>	922 <sup>a</sup>	870 <sup>b</sup>	23.3	0.023
Milk lactose	g/d	64	1355 <sup>a</sup>	1349 <sup>ab</sup>	1361 <sup>a</sup>	1278 <sup>b</sup>	33.0	0.012
<i>Metabolism variables</i>								
Se in blood	ug/L	89	134.0 <sup>b</sup>	135.7 <sup>ab</sup>	164.8 <sup>a</sup>	104.2 <sup>c</sup>	9.90	0.001
Se in milk	ug/L	82	22.7 <sup>b</sup>	41.4 <sup>a</sup>	38.3 <sup>a</sup>	19.1 <sup>b</sup>	9.21	0.014
GSH-Px	U/mL	85	309.0 <sup>bc</sup>	332.3 <sup>a</sup>	315.1 <sup>ab</sup>	300.2 <sup>c</sup>	37.5	< 0.001
SOD	U/mL	33	95.2 <sup>b</sup>	109.9 <sup>a</sup>	102.8 <sup>ab</sup>	92.6 <sup>b</sup>	3.06	< 0.001
T-AOC	U/mL	44	10.5	10.6	10.8	10.2	1.96	0.574
MDA	mmol/L	37	4.58 <sup>a</sup>	4.05 <sup>b</sup>	3.35 <sup>c</sup>	4.39 <sup>ab</sup>	0.28	< 0.001
H-Px	mmol/L	18	45.1 <sup>a</sup>	35.6 <sup>b</sup>	42.4 <sup>a</sup>	n.a.	1.38	0.018
AST	U/L	24	82.9 <sup>a</sup>	74.2 <sup>bc</sup>	80.6 <sup>ab</sup>	70.4 <sup>c</sup>	7.08	0.014
ALT	U/L	17	23.4	21.7	22.9	21.7	1.95	0.323
ALP	U/L	17	53.8 <sup>b</sup>	46.2 <sup>c</sup>	60.0 <sup>a</sup>	54.3 <sup>b</sup>	6.82	0.001
Glucose	mmol/L	33	25.1	24.8	24.8	24.8	4.11	0.179

N = sample size; SS = inorganic selenium; SM = selenomethionine; SY = Se-yeast; CON = control diet; DMI = dry matter intake; FCM = fat-corrected milk; GSH-Px = glutathione peroxidase; SOD = superoxide dismutase; T-AOC = total antioxidant capacity; MDA = malondialdehyde; H-Px = hydrogen peroxide; AST = aspartate aminotransferase; ALT = alanine aminotransferase; ALP = alkaline phosphatase.

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts within rows differ at P < 0.05.

