

DAŽĀDU MITRUMA REŽĪMU IETEKME UZ AUZU (*AVENA SATIVA* L.) BIOMASAS VEIDOŠANOS

EFFECTS OF DIFFERENT MOISTURE REGIMES ON OAT (*AVENA SATIVA* L.) BIOMASS FORMATION

Lauma Pluša^{1,2}, Ina Alsina², Sanita Zute¹

¹Agroresursu un ekonomikas institūts, ²LLU Lauksaimniecības fakultāte

lauma.plusa@arei.lv

Abstract. Discussions on climate changes and its impact on cereal yields have become important in recent decades. Drought stress can affect oat yields to 70%, therefore during the selection it is important to develop varieties that are drought tolerant. In Latvian conditions no studies have been performed on the effect of water content on the growth and development of oat genotypes and biochemical changes in oats. The aim of this study was to determinate changes in biomass of oat genotypes depending on the amount of water and evaluate the resistance in drought conditions by determining the content of soluble carbohydrates. Oat biomass differs between moisture regimes and growth stages. The average oat biomass at flag leaf opening (BBCH 39) was 17.7 g in M1 regime, and 75.4 g in M4, but in watery ripe (BBCH 71) biomass ranged from 23.5 (M1) to 87.8 g (M4). Biomass formation was significantly affected ($p < 0.05$) by the moisture regime and variety. Soluble carbohydrates content in BBCH 30 was generally affected by moisture regime ($p < 0.05$), but variety influence was not significant ($p = 0.235$), but, as concerns BBCH 39, soluble carbohydrates content was significantly ($p < 0.05$) affected by moisture regimes and variety. The highest soluble carbohydrates content (at BBCH 39) was in moisture regime M1, which was 27.6 °Brix, however, 13.3 °Brix was in moisture regime M4. And there was a correlation between soluble carbohydrates and plant biomass ($r = 0.92$, $n = 28$). Soluble carbohydrates decreased with the increase of biomass, changes in the amount of soluble carbohydrates in 86% of cases can be explained by the change in biomass values.

Key words: oat, moisture regimes, biomass, soluble carbohydrates.

Ievads

Diskusijas par klimata izmaiņām un to ietekmi uz kultūraugu ražību pēdējās desmitgadēs ir kļuvušas aktuālas. Ir palielinājusies vidējā gaisa temperatūra, taču krasī atšķirīgas situācijas novērojamas arī nokrišņu daudzuma ziņā – gadi, kad nokrišņu daudzums būtiski pārsniedz ilggadējās normas, mijās ar ilgstošiem sausuma periodiem, un šie apstākļi ietekmē kultūraugu augšanu un attīstību (Ruja, Toma, Bulai et al., 2021). Auzas (*Avena sativa* L.) ir mērenajam klimatam piemērota graudaugu suga, tām ir nepieciešams augstāks ūdens nodrošinājums nekā citiem graudaugiem, kas skaidrojams ar to palielināto lapu laukumu un augu garumu, kā rezultātā ar ūdeni apgādājamā biomasas daļa ir lielāka (Bind, Bharti, Pandey et al., 2016). Sausuma izraisīts stress var ietekmēt auzu ražu no 30 līdz 70%, ietekmēt to augšanu un attīstību, saīsināt veģetācijas periodu, tāpat radīt izmaiņas vielmaiņas procesos un bioķīmiskajos rādītājos (Xie, Li, Chen et al., 2021). Izmaiņas, kas notikušas augā, galvenokārt vērstas uz to, lai augs spētu adaptēties stresa apstākļos un nodrošinātu tā izdzīvošanu.

Šķīstošajiem ogļhidrātiem ir svarīga loma auga izturības nodrošināšanai stresa apstākļos. Sausuma stresa apstākļos to koncentrācija auga šūnslā palielinās, kas kalpo kā enerģijas avots, līdz ar to šķirnes, kurās šķīstošo ogļhidrātu koncentrācija ir augstāka, ir izturīgākas ūdens deficīta apstākļos (Krasavina, Burmistrova, Raldugina, 2014). Tāpat izmaiņas novērojamas arī biomasas rādītājos, ūdens deficīta rezultātā samazinās auga garums un lapu laukums (Shaheen, Bibi, Awais et al., 2021).

Latvijas apstākļos līdz šim nav veikti pētījumi par ūdens daudzuma ietekmi uz auzu genotipu augšanu un attīstību, kā arī bioķīmiskajām izmaiņām auzās to attīstības laikā. Darba mērķis ir noteikt auzu genotipu biomasas izmaiņas atkarībā no pieejamā ūdens daudzuma un vērtēt genotipu izturību pret sausuma stresu, nosakot šķīstošo ogļhidrātu saturu auzu šūnslā.

Materiāli un metodes

Pētījums iekārtots AREI Stendes pētniecības centrā kontrolētos augšanas apstākļos 2021. gadā. Pētījumā iekļautas piecas auzu šķirnes – 'Laima', 'Guld', 'KWS Contender', 'Symphony', 'Stendes Lote' – un divas perspektīvās auzu selekcijas līnijas – '34588' un '34808'. Katrs genotips iesēts

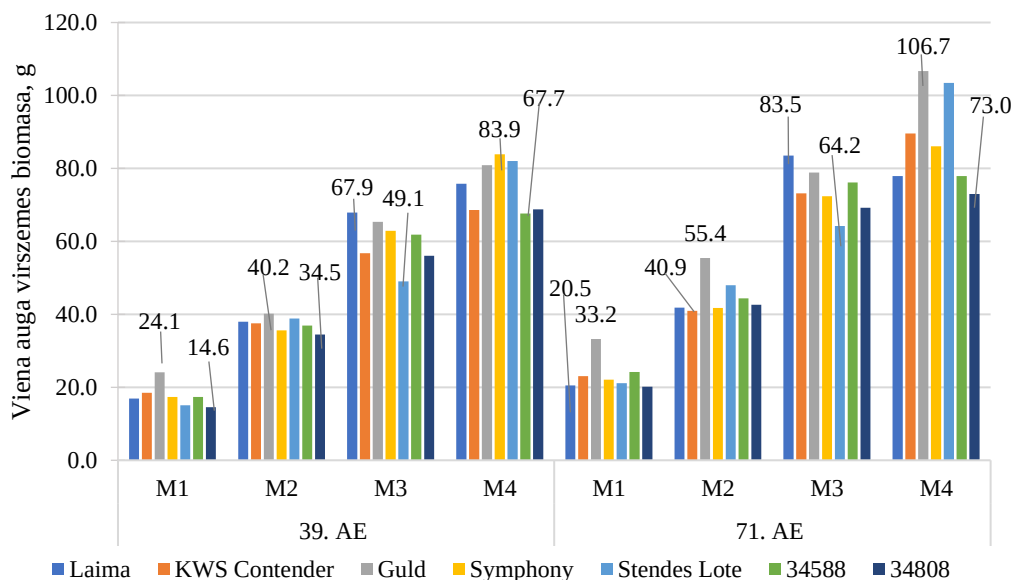
astņos atkārtojumos, sākotnēji astoņi graudi vienā veģetācijas traukā, kas pēc sadīgšanas samazināti līdz sešiem augiem, lai nodrošinātu vienādu augu skaitu katrā no veģetācijas traukiem.

Audzēšanai izmantoti 11 L veģetācijas trauki (izmērs 25 × 25 × 26 cm), kas piepildīti ar kūdras smilšu maisījumu. Sākotnējais mitrums veģetācijas traukos nodrošināts vienāds – 40%, kas noteikts ar mitruma analizatoru Ohaus MB23/MB25. Vienāds mitruma režīms visām šķirnēm tika nodrošināts līdz brīdim, kad attīstījušās trīs lapas (13. AE), uzturot nemainīgu 40% mitruma daudzumu, pēc 13. AE mitruma daudzums pielāgots atkarībā no varianta.

Veģetācijas laikā auzām nodrošināti četri atšķirīgi mitruma režīmi: M1 (155 mm), M2 (250 mm), M3 (355 mm) un M4 (460 mm), nepieciešamais ūdens daudzums pārrēķināts uz attiecīgo veģetācijas trauka lielumu, nosakot nepieciešamo mL daudzumu dienā, attiecīgi M1 – 112 mL, M2 – 190 mL, M3 – 277 mL un M4 – 364 mL. Lai novērtētu augu augšanu dažādos mitruma režīmos, divas reizes veģetācijas sezonā – stiebrošanas sākumā (30. AE) un brīdī, kad karoglapa pilnībā atvērusies (39. AE) – tika noteikts šķīstošo ogļhidrātu saturs auzu lapās ar refraktometru Kruss DR301–95, Vācija (°Brix). Momentā, kad karoglapa pilnībā atvērusies (39. AE), un graudu veidošanās sākumā (71. AE) noteikta augu virszemes biomasa (g). Randomizētā kārtībā tika izvēlēti pieci augi, kuriem, nogriežot virszemes daļu, tika noteikts to svars, pēc tam aprēķinot vidējo rādītāju.

Rezultāti un diskusijas

Iegūtie rezultāti liecina, ka atkarībā no auga attīstības etapa, pieaugot mitruma daudzumam, attiecīgi palielinās auga biomasa, kas pierādīts arī Pakistānā veiktā pētījumā, kur norādīts, ka augu biomasa pieaug, palielinoties apūdeņošanas līmenim (Shaheen, Bibi, Awais et al., 2021). Analizējot augu biomasu 39. AE, redzams (1. att.), ka visām šķirnēm biomasa ir pieaugusi, palielinoties ūdens daudzumam. M1 un M2 režīmā (zemākie mitruma nodrošinājumi) ar augstāko biomasu izceļas šķirne 'Guld', attiecīgi biomasa veido 24.1 g un 40.2 g, bet viszemākā M1 un M2 režīmā tā konstatēta līnijai '34808' (14.6 g un 34.5 g), savukārt M3 režīmā ar augstāko biomasu izceļas šķirne 'Laima' (67.9 g), turpretī zemāko – 'Stendes Lote' (49.1 g). Mitruma režīmā M4, kurā nodrošināts vislielākais ūdens daudzums, lielāko biomasu sasniedz šķirne 'Symphony' (83.9 g), bet zemāko – līnija '34588' (67.7 g). Biomasas izmaiņas dažādos mitruma režīmos būtiski ($p < 0.05$) ietekmē šķirņu un mitruma režīmu mijiedarbe.



1. att. Auzu biomasa (g) dažādos mitruma režīmos un attīstības etapas.

Fig. 1. Changes in plant biomass under different moisture regimes and growth stages.

Apskatot biomasas izmaiņas 71. AE, novērojams, ka šķirnei 'Guld' augstākā biomasa konstatēta M1, M2 un M4 mitruma režīmā, attiecīgi 33.2 g, 55.4 g un 106.7 g, bet M3 režīmā augstāko rādītāju sasniegusi šķirne 'Laima' (83.5 g). Interessants ir fakts, ka šī ir vienīgā šķirne, kurai biomasa M4 režīmā samazinājusies par 2.1 g. Savukārt ar zemāko biomasu M1 variantā izceļas 'Laima' (20.5 g), M2 režīmā – 'KWS Contender' (40.9 g), M3 režīmā – 'Stendes Lote', kuras biomasa ir 64.2 g. Savukārt M4 režīmā vismazāko biomasu veido līnija '34808' – 73.0 g.

Mērījumi 39. AE, kad karoglapa pilnībā attīstījusies, apstiprina faktu, ka auga biomasu būtiski ($p < 0.05$) ietekmē gan mitruma nodrošinājums (83.7%), gan šķirne (1.5%) (1. tab.). Aprēķinot vidējos rādītājus starp šķirnēm katrā no mitruma režīmiem, viena auga virszemes biomasu 39. AE (skat. 1. tab.) bija robežās no 17.7 g (M1) līdz 75.4 g (M4). Biomasas pieaugums starp 39. līdz 71. AE M1 variantā veidojis vien 5.8 g, bet M2 – 7.6 g. Samazinoties ūdens daudzumam, augi pārvada barības vielas no veģetatīvajām daļām uz reproduktīvajām, līdz ar to augs nav tendēts uz biomasas palielināšanu, bet gan sēklu veidošanu (Munne–Bosch, Alegre, 2004), savukārt M3 un M4 variantā biomasas pieaugums bijis būtiski ($p < 0.05$) augstāks, attiecīgi par 14.0 un 12.4 g, šajos variantos ūdens daudzums bijis lielāks, kas pozitīvi ietekmējis auga biomasu.

1. tabula / Table 1

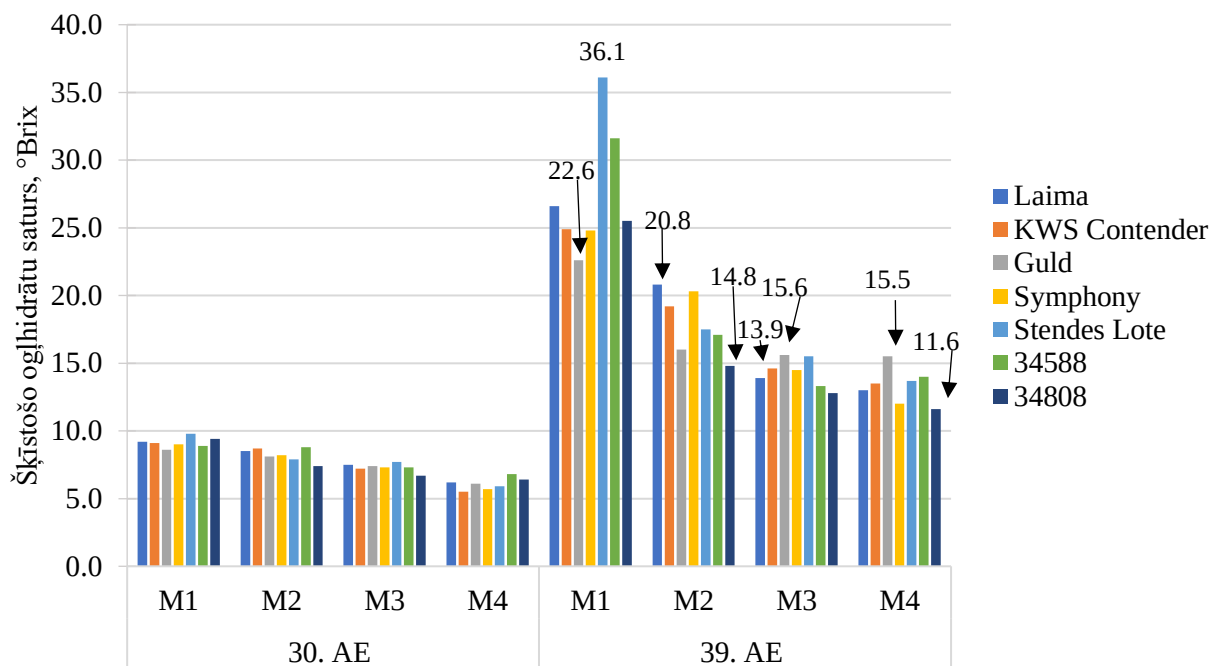
Mitruma režīma un auzu šķirnes ietekme uz auga virszemes biomasu (g) dažādos auzu attīstības etapos

Influence of moisture regime and variety on plant biomass (g) at different development stages

Pētāmie faktori / Factors	Auga biomasu 39. AE, g / Plant biomass, g	Auga biomasu 71. AE, g / Plant biomass, g
Mitruma režīms / Moisture regimes		
p-vērtība/p-value	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 5.91$)	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 5.56$)
M1 – 155 mm	17.7 ^a	23.5 ^a
M2 – 250 mm	37.4 ^b	45.0 ^b
M3 – 355 mm	60.0 ^c	73.9 ^c
M4 – 460 mm	75.4 ^d	87.8 ^d
Vidēji/Average	47.6	57.3
Šķirne/Variety		
p-vērtība/p-value	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 4.47$)	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 4.23$)
‘Laima’	49.7 ^a	55.9 ^{b,c}
‘KWS Contender’	45.3 ^{b,c}	56.7 ^b
‘Guld’	52.6 ^a	68.5 ^a
‘Symphony’	49.9 ^a	55.6 ^{b,c}
‘Stendes Lote’	46.3 ^{b,c}	59.2 ^b
‘34588’	46.0 ^{b,c}	55.7 ^{b,c}
‘34808’	43.5 ^c	52.2 ^c
Vidēji/Average	47.6	57.7

a,b,c,d – vērtības indeksa dažādie burti norāda uz būtisku atšķirību starp mitruma režīmiem vai šķirnēm dažādos auga attīstības etapos.

Savukārt pretēji biomasas rādītājiem, kas paaugstinājās līdz ar ūdens daudzuma palielināšanos, šķīstošo ogļhidrātu saturam novērojama pretēja tendence – tā koncentrācija samazinās līdz ar ūdens daudzuma palielināšanos. 39. AE augstākais šķīstošo ogļhidrātu saturs bijis M1 variantā šķirnei ‘Stendes Lote’, bet zemākais – ‘Guld’, attiecīgi 36.1 °Brix un 22.6 °Brix, un, kā redzams 2. att., M1 variantā, rezultāti starp šķirnēm ir bijuši atšķirīgi, variācijas koeficients veidojis 17.2 %, bet M2 variantā vērtības variējušas robežās no 14.8 līdz 20.8 °Brix. Augstākais šķīstošo ogļhidrātu daudzums konstatēts šķirnei ‘Laima’, bet zemākais – līnijai ‘34808’. Vērtējot rezultātus M3 variantā, rezultāti starp šķirnēm ir mazāk atšķirīgi, un variācijas koeficients veidojis 7.4%. Augstākais šķīstošo ogļhidrātu saturs novērots šķirnei ‘Guld’ (15.6 °Brix), bet zemākais – šķirnei ‘Laima’ (13.9 °Brix). M4 režīmā viszemākais šķīstošo ogļhidrātu saturs (robežās no 11.6 līdz 15.5 °Brix) konstatēts šķirnei ‘Guld’ un līnijai ‘34808’.



2. att. Šķīstošo ogļhidrātu saturs (°Brix) dažādos mitruma režīmos un augu attīstības etapas.

Fig. 2. Soluble carbohydrates under different moisture regimes and growth stages.

Nosakot šķīstošo ogļhidrātu saturu 30. AE, konstatēts, ka šķirnes ietekme nav būtiska ($p = 0.235$), bet šķīstošo ogļhidrātu daudzumu būtiski ($p < 0.05$) ietekmē mitruma režīms (skat. 2. tab.). Savukārt 39. AE būtiska ($p < 0.05$) ietekme bija gan šķirnei, gan mitruma režīmam.

2. tabula / Table 2

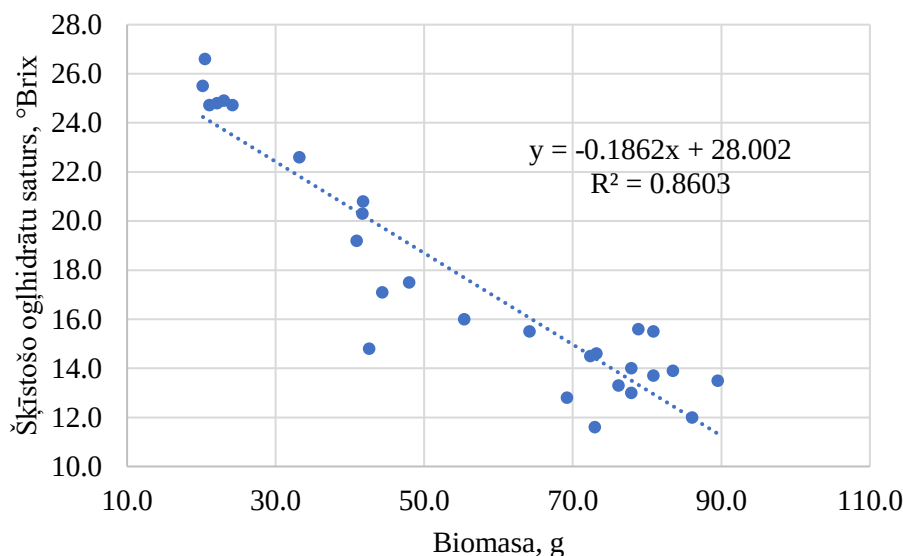
Mitruma režīma un auzu šķirnes ietekme uz šķīstošo ogļhidrātu saturu (°Brix) augu šūnsulā dažādos auzu attīstības etapas

Influence of moisture regime and variety on soluble carbohydrates content (°Brix) at different development stages

Pētāmie faktori / Factors	Šķīstošo ogļhidrātu saturs 30. AE (°Brix) / Soluble carbohydrates content (°Brix)	Šķīstošo ogļhidrātu saturs 39. AE (°Brix) / Soluble carbohydrates content (°Brix)
Mitruma režīms / Moisture regime		
p-vērtība/p-value	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 0.45$)	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 1.00$)
M1 – 155 mm	9.1 ^a	27.6 ^a
M2 – 250 mm	8.2 ^b	18.0 ^b
M3 – 355 mm	7.3 ^c	14.4 ^c
M4 – 460 mm	6.1 ^d	13.3 ^d
Vidēji/Average	7.6	18.3
Šķirne/Variety		
p-vērtība/p-value	$p > 0.05$	$p < 0.05$ ($RS_{0.05} = 0.75$)
‘Laima’	7.8 ^a	18.6 ^{c,d}
‘KWS Contender’	7.6 ^a	18.0 ^c
‘Guld’	7.6 ^a	17.4 ^d
‘Symphony’	7.5 ^a	17.9 ^d
‘Stendes Lote’	7.8 ^a	20.7 ^a
‘34588’	8.0 ^a	19.0 ^b
‘34808’	7.5 ^a	16.1 ^e
Vidēji/Average	7.7 ^a	18.2

^{a,b,c,d} – vērtības indeksa dažādie burti norāda uz būtisku atšķirību starp mitruma režīmiem vai šķirnēm dažādos auga attīstības etapas.

Veicot korelācijas un regresijas analīzi šķīstošo ogļhidrātu satura rādītājiem un auzu virszemes biomasai (39. AE), tika novērota cieša negatīva korelācija starp rādītājiem ($r = 0.92 > r_{0.05} = 0.374$, $n = 28$) (3. att.). Pieaugot biomasai, samazinās šķīstošo ogļhidrātu saturs.



3. att. Sakarība starp šķīstošo ogļhidrātu saturu un augu biomasu.
Fig. 3. Relationships between soluble carbohydrates and plant biomass.

Determinācijas koeficients pierāda, ka 86% gadījumu šķīstošo ogļhidrātu daudzuma izmaiņas var skaidrot ar izmaiņām biomasas rādītājos.

Secinājumi

1. Auzu virszemes biomasu būtiski ($p > 0.05$) ietekmēja gan šķirne (1.5%), gan mitruma nodrošinājums, attiecīgi 83.7% rezultātu ietekmē mitruma nodrošinājums – palielinoties ūdens daudzumam, paaugstinās auzu virszemes biomasu.
2. Pieaugot biomasai, samazinās šķīstošo ogļhidrātu saturs (cieša, negatīva korelācija, $r = 0.93$, $n = 28$), 86% gadījumu šķīstošo ogļhidrātu daudzuma izmaiņas var skaidrot ar izmaiņām biomasas rādītājos.
3. No pētījumā iekļauto šķirņu klāsta zemākajā ūdens nodrošinājumā (M1 un M2) ar augstāko šķīstošo ogļhidrātu saturu izceļas šādas šķirnes – ‘Stendes Lote’ un ‘Laima’.

Izmantotā literatūra

1. Bind H., Bharti B., Pandey M.K., Kumar S., Vishwantah, Kerkhi S.A. (2016). Genetic variability, heritability and genetic advance studies for different characters on green fodder yield in oat (*Avena sativa* L.). *Agricultural Science Digest*, Vol. 36, Issue 2, p. 88–91.
2. Krasavina M.S., Burmistrova N.A., Raldugina G.N. (2014). The Role of Carbohydrates in Plant Resistance to Abiotic Stresses. *In: Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance*. Ed. By P. Ahmad, S. Rasool, Academic Press is an imprint of Elsevier, p. 229–270.
3. Munne-Bosch S., Alegre L. (2004). Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, Vol. 31, p. 203–216.
4. Ruja A., Toma I., Bulai A., Agapie A.L., Negrut G., Suhai K., Gorinoiu G. (2021). The impact of climate changes on production in the autumn and spring oats. *Life Science and Sustainable Development*, Vol. 2, p. 73–81.
5. Shaheen A., Bibi A., Awais M., Ahmad N., Shoaib F., Shahbaz Z., Fatima B., Khan Niazi I.A. (2021). Evaluation Of Oat (*Avena Sativa* L.) Accessions For Fodder Yield And Quality Under Drought Stress. *Journal of Agriculture and Food*, Vol. 2, No.2, p. 63–78.
6. Xie H., Li M., Chen Y., Zhou Q., Liu W., Liang G., Jia Z. (2021). Important Physiological Changes Due to Drought Stress on Oat. *Frontiers in Ecology and Evolution*, Vol. 9, p. 1–14.