

عملکرد و اجزای عملکرد، ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی (*Helianthus tuberosus*) در مراحل مختلف رشد

لیلا طاهرآبادی^{۱*}، فرخ کفیلزاده^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

* مسئول مکاتبه: Taherabadi.le@razi.ac.ir

DOI: 10.22034/csrar.2022.318270.1163

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۶

چکیده

به منظور بررسی پتانسیل تولید بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی به عنوان علوفه در تغذیه دام که با هدف تولید غده آن کشت می‌شود؛ مطالعه‌ای در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. در طول دوره رویشی تا گل‌دهی کامل، عملکرد و اجزای عملکرد تولید بخش هوایی در ۷ مرحله و ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم در ۵ مرحله اندازه‌گیری شد. عملکرد ماده خشک تولیدی در سال اول در دو مرحله‌ی قبل از شروع گل‌دهی و گل‌دهی کامل به ترتیب ۲۹/۱ و ۳۰/۴ تن در هکتار و در سال دوم به ترتیب ۲۴/۰ و ۲۵/۳ تن در هکتار بود. افزایش ماده آلی طی مراحل رشد با افزایش اجزاء دیواره سلولی و کربوهیدرات‌های محلول در آب و کاهش پروتئین خام همراه بود. در طی دوره رشد ماده آلی، اجزاء دیواره سلولی و کربوهیدرات‌های محلول ساقه بالاتر و پروتئین خام در برگ بالاتر بود. قابلیت هضم ماده آلی بخش هوایی با رشد گیاه تا مرحله گل‌دهی کامل از ۶۴/۰ به ۵۶/۶ درصد کاهش یافت. افزایش عملکرد ماده آلی قابل هضم در هکتار در طول دوره رشد با عدم تغییر آن از مرحله قبل از شروع گل‌دهی تا گل‌دهی کامل همراه بود. نتایج این مطالعه نشان داد که اگرچه حداکثر عملکرد ماده خشک تولیدی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در مرحله گل‌دهی کامل صورت گرفت؛ اما، عملکرد ماده آلی قابل هضم در هکتار قبل از شروع گل‌دهی تا گل‌دهی کامل بدون تغییر بود.

واژه‌های کلیدی: آرتیشو اورشلیم، ارزش غذایی، زمان برداشت، علوفه

مقدمه

سیب زمینی ترشی *Helianthus tuberosus* L. گیاهی چند ساله و از خانواده آفتابگردان (*Asteraceae*) است که به دلیل شباهت زیاد آن به گیاه آفتابگردان به آن "آفتابگردان وحشی" می‌گویند (Matías et al., 2013). هم‌چنین، این گیاه با نام آرتیشو اورشلیم^۱ در اکثر کشورها به منظور استفاده از محصول غده آن جهت مصارف خوراکی، صنعتی و دامی کشت می‌شود (Cabral et al., 2018; Cardellina, 2015; Zhang et al., 2016). علاوه بر ویژگی‌های مذکور، قابلیت سازگاری با شرایط بسیار متنوع به همراه مقاومت به آفات و بیماری‌ها باعث کاهش هزینه‌های کاشت آن شده است (Gao et al., 2020). نکته جالب توجه در رابطه با گیاه این است که قبل از سال ۱۹۷۲ در تغذیه دام مورد استفاده قرار گرفته است (Becker and Nehring, 1969). پتانسیل استفاده از این گیاه که برای مدت‌ها به دست

تأمین منابع پروتئینی مورد نیاز جامعه، مستلزم تأمین منابع خوراکی دام می‌باشد. علوفه، عمده‌ترین بخش از خوراک دام را تشکیل می‌دهد. لذا مطالعه در خصوص منابع علوفه‌ای جدید با هدف ایجاد تنوع در این ماده خوراکی به منظور استفاده از علوفه‌ها در تأمین هر چه بیشتر مواد مغذی مورد نیاز دام‌ها ضروری به نظر می‌رسد (Ørskov, 1998). از سوی دیگر، استفاده از پتانسیل تولید علوفه به عنوان یک محصول جانبی از گیاهانی که با هدف تولید محصولات برای انسان کشت می‌شوند، می‌تواند یک راهکار مهم در استفاده بهینه از منابع آبی کشور و کمک به بخش کشاورزی باشد. یکی از این گیاهان با پتانسیل بالای تولید علوفه سبز گیاه سیب زمینی ترشی است (Gunnarsson et al., 2014).

رشد بود که به صورت طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. بدین منظور قبل از کاشت عملیات تکمیلی آماده‌سازی زمینی که در پاییز شخم زده شده بود صورت گرفت و هیچ کودی استفاده نشد. جهت انجام مطالعه، غده‌های گیاه سیب زمینی ترشی مربوط به پاییز سال قبل از موسسه تحقیقاتی علوم دامی کشور واقع در استان البرز (Papi, 2015) تهیه شد. سپس، غده‌ها با دو یا سه جوانه در ۱۲ فروردین ماه سال ۱۳۹۷ در یک قطعه زمین شامل ۲۸ کرت در ۴ بلوک (۷ کرت در هر بلوک) با فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر با دست و با تراکم ۸۰۰۰۰ در هکتار کشت شد. ابعاد هر کرت (۵ × ۴) ۲۰ متر مربع و عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر بود. غده‌های تولید شده از سال قبل در سال دوم در ۱۶ فروردین ماه ۱۳۹۸ مشابه سال قبل کشت شد. عملیات زراعی مطابق روش مرسوم گیاهان بهاره و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. آبیاری پس از سبز شدن گیاه تا پایان بهار هر ۱۰ روز یکبار و پس از آن هر هفته یکبار به روش بارانی صورت گرفت. محلول‌پاشی کود (۲۰-۲۰-۲۰) NPK (شرکت گلپهاران اصفهان) در سال اول در ۷۴ و ۱۰۳ روز بعد از کاشت و در سال دوم ۷۳ و ۹۵ روز بعد از کاشت و مطابق توصیه ذکر شده دو کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. علی‌رغم درگیر شدن مزارع دانشکده کشاورزی به آفات، به دلیل مقاوم بودن گیاه سیب زمینی ترشی ضرورت استفاده از سموم آفت‌کش در هیچ یک از سال‌ها مشاهده نشد.

به منظور تعیین عملکرد و کیفیت علوفه، برداشت بخش هوایی سیب زمینی ترشی در مراحل مختلف رشد در سال اول در روزهای ۷۱، ۸۵، ۹۹، ۱۲۰، ۱۳۴، ۱۴۸ (قبل از شروع گل‌دهی) و ۱۶۲ (گل‌دهی کامل) بعد از کاشت و در سال دوم در روزهای ۶۷، ۷۹، ۹۳، ۱۲۱، ۱۳۵، ۱۴۹ (قبل از شروع گل‌دهی) و ۱۵۹ (گل‌دهی کامل) پس از کاشت از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح زمین با دست صورت گرفت. تعیین عملکرد کل بخش هوایی به صورت تر، پس از برداشت کامل هر کرت در هر یک از مراحل رشد صورت گرفت. تعداد چهار نمونه از هر کرت برای تعیین نسبت برگ و ساقه و اندازه‌گیری ماده خشک کل گیاه، برگ و ساقه استفاده شد. ماده خشک نمونه‌ها در آون دارای جریان هوا در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته‌ها با استفاده از متر نواری از سطح زمین تا بالاترین برگ در ساقه اصلی اندازه‌گیری شد.

فراموشی سپرده شده بود، اخیراً و مجدداً در کشورهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است. در کشور ما نیز استفاده از این گیاه به عنوان یک منبع علوفه‌ای به یک دهه پیش برمی‌گردد (Fazaeli *et al.*, 2009). با این وجود، بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در صنعت جهت تولید بیوگاز و در تغذیه دام به صورت خشک شده و سیلو شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rossini *et al.*, 2019; Papi *et al.*, 2017 and 2019).

عملکرد تولیدی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی ۱۰۰-۷۰ تن علوفه تر و ۳۵-۱۵ تن ماده خشک در هکتار گزارش شده است که در مقابل ذرت علوفه‌ای با تولید ۱۰۰-۶۰ تن علوفه تر و ۳۰-۲۰ تن ماده خشک در هکتار قابل توجه است (Gunnarsson *et al.*, 2014; Assefa *et al.*, 2017). هم‌چنین، در مطالعات صورت گرفته در استان البرز عملکرد علوفه تر و خشک آن در شروع گل‌دهی به ترتیب ۶۴ و ۱۹ تن در هکتار گزارش شد (Papi *et al.*, 2015). علی‌رغم کشت این گیاه در برخی از مناطق ایران جهت تهیه غده، مطالعات بسیار محدودی در رابطه با بخش هوایی این گیاه در ایران صورت گرفته است (Papi *et al.*, 2015; Farzinmehr *et al.*, 2020; Mohammadi *et al.*, 2019). این چند مطالعه نیز از یک سو منحصر به پژوهش‌هایی است که این گیاه در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور در استان البرز کشت شده است و از سوی دیگر اطلاعات فوق مبتنی بر بررسی گیاه در مراحل محدودی از رشد بوده و تغییرات ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم برگ و ساقه نیز در مراحل مختلف رشد در آن‌ها گزارش نشده است.

بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین عملکرد، ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم کل بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی و اجزای آن طی مراحل مختلف رشد تا گل‌دهی کامل جهت تغذیه دام در دو سال زراعی متوالی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی واقع در استان کرمانشاه اجرا شد. شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره آزمایش در جدول ۱ گزارش شده است. صفات مورد مطالعه در این پژوهش شامل ارزیابی رشد و عملکرد بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در ۷ مرحله و ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم آن در ۵ مرحله از

جدول ۱- شرایط آب و هوایی در طول مراحل رشد گیاه سیب زمینی ترشی

Table 1- Climate conditions during the growth stages of Jerusalem artichoke

ماه Month	بارندگی Precipitation (mm)		حداقل دما Temperature minimum (°C)		حداکثر دما Temperature maximum (°C)	
	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
فروردین 21 March- 20 April	63.4	194.8	6.3	4.7	22	16.2
اردیبهشت 21 April- 21 May	169.0	17.5	9.2	6.6	21.2	24.4
خرداد 22 May- 21 June	5.2	0	12.5	13.0	31.7	34.0
تیر 22 June-22 July	0	0	17.8	16.6	39.6	38.7
مرداد 23 July- 22 August	0	0	19.0	18.6	40.5	39.5
شهریور 23 August- 22 September	0	0	14.6	14.4	36.7	35.3

شد. برای هر پاسخ متغیر معادله خطی، درجه دو، سه و چهار در نظر گرفته شد و انتخاب مناسب‌ترین مدل با ($P < 0.05$) و بیشترین ضریب تبیین (R^2) صورت گرفت.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + e_{ij} \quad \text{مدل (۱)}$$

در این مدل Y_{ij} مشاهده؛ μ ، اثر میانگین؛ T_i ، اثر زمان؛ R_j ، اثر بلوک و e_{ij} ، خطای آزمایشی هستند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به عملکرد تولید و رشد بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در جدول ۲ گزارش شده است. در طول دوره رشد گیاه، بیشترین عملکرد تر و ماده خشک بخش هوایی در مرحله-ی گل‌دهی کامل مشاهده شد. عملکرد ماده خشک تولیدی در دو مرحله‌ی قبل از شروع گل‌دهی و گل‌دهی کامل در سال اول به ترتیب ۲۹/۱ و ۳۰/۴ تن در هکتار و در سال دوم به ترتیب ۲۴/۰ و ۲۵/۳ تن در هکتار بود. عملکرد تر بخش هوایی گیاه در سال اول قبل از شروع گل‌دهی ۹۹/۰ تن در هکتار و در سال دوم ۸۵/۴ تن در هکتار بود. افزایش عملکرد تولیدی در این مرحله با افزایش ارتفاع بخش هوایی تا ۲۴۵/۱ و ۲۱۶/۷ سانتی‌متر در سال اول و دوم همراه بود. در طول دوره رشد تا زمان قبل از شروع گل‌دهی، کاهش نسبت ماده برگ به ساقه از ۱/۶۲ به ۰/۴۸ و از ۱/۵۰ به ۰/۶۱ به ترتیب در سال اول و دوم مشاهده شد. نتایج پژوهش حاضر با گزارشی در رابطه با تولید علوفه تر بیش از ۹۰ تن در هکتار هم‌خوانی داشت (Swanton

تعیین ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم بخش هوایی و اجزای آن در سال اول در روزهای ۷۱، ۹۹، ۱۲۰، ۱۴۸ و ۱۶۲ پس از کاشت و در سال دوم در ۶۷، ۹۳، ۱۳۵، ۱۴۹ و ۱۵۹ روز پس از کاشت انجام شد. بعد از آسیاب شدن نمونه‌های خشک شده با الک یک میلی‌متری اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی اجزاء دیواره سلولی فاقد خاکستر (الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و لیگنین) (Van Soest *et al.*, 1991 پروتئین خام به روش میکروکجلدال و ماده آلی (AOAC, 2000) و کربوهیدرات‌های محلول در آب (Dubois *et al.*, 1956) انجام شد. قابلیت هضم نمونه‌هایی که ترکیبات شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شده بود به روش برون‌تنی شامل مرحله هضم بی‌هوایی و مرحله هضم پپسین اسیدی تعیین شد (Tilley and Terry, 1963). شیرابه شکمبه مورد نیاز جهت انجام آزمایشات قابلیت هضم از سه راس گوسفند نر فیستوله‌گذاری شده نژاد سنجابی، قبل از خوارک‌دهی وعده صبح جمع-آوری و با بافر McDougall (1984) استفاده شد.

میانگین داده‌های مربوط به عملکرد گیاه و انحراف استاندارد آن‌ها با استفاده از رویه MEANS نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ترکیب شیمیایی و قابلیت هضم نمونه‌ها مطابق مدل (۱) با رویه GLM و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. پاسخ متغیر ماده آلی قابل هضم به دوره رشد با استفاده از رویه REG انجام

می‌دهد که با افزایش سن گیاه، مواد فتوسنتزی بیشتری به ساقه اختصاص داده می‌شود. این پدیده می‌تواند به دلیل نیاز افزایش استحکام بخش هوایی به همراه افزایش ارتفاع گیاه باشد؛ به طوری که در مراحل اولیه رشد با مقادیر کمتر ماده خشک سهم بیشتری به برگ اختصاص می‌یابد (Karimi and Siddique, 1991).

(et al., 1992). دیگر گزارشات، افزایش عملکرد بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی را با افزایش سن گیاه نشان دادند (Hay and Offer, 1992; Li et al., 2017). با این وجود، تولید علوفه تر و خشک در مطالعه حاضر افزایشی معادل ۳۰ و ۴۰ درصد نسبت به عملکرد گزارش شده در استان البرز را نشان داد (Papi et al., 2015). توزیع ماده خشک بین برگ و ساقه نشان

جدول ۲- عملکرد و اجزای عملکرد بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی طی مراحل مختلف رشد در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (میانگین \pm انحراف استاندارد)

Table 2- Yield and yield components of the aerial part of Jerusalem artichoke plant during different growth stages in 2018 and 2019 years (Mean \pm Standard deviation)

سال Year	روزهای پس از کاشت Days after planting	عملکرد بخش هوایی Aerial part yield (kg ha ⁻¹)		درصد از کل تولید (برحسب ماده خشک) Yield percentage (on DM basis)			نسبت برگ به ساقه (برحسب ماده خشک) Leaf to stem ratio (on DM basis)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
		تر Fresh	ماده خشک Dry matter	ماده خشک %DM	برگ Leaf	ساقه Stem		
۱۳۹۷ 2018	71	23255 \pm 3871	3203 \pm 359	13.7 \pm 0.7	61.7 \pm 2.8	38.3 \pm 2.8	1.62 \pm 0.19	84.9 \pm 5.1
	85	35444 \pm 4201	6073 \pm 1026	17.1 \pm 1.6	51.9 \pm 4.3	48.1 \pm 4.1	1.08 \pm 0.19	126.9 \pm 7.0
	99	45105 \pm 7659	9605 \pm 1513	21.2 \pm 1.2	47.5 \pm 1.9	52.5 \pm 8.2	0.90 \pm 0.16	153.5 \pm 10.0
	120	71926 \pm 8298	19295 \pm 2224	26.8 \pm 1.7	38.7 \pm 0.7	61.3 \pm 1.9	0.63 \pm 0.03	196.6 \pm 6.9
	134	92465 \pm 8655	25216 \pm 145	27.2 \pm 1.2	32.5 \pm 2.7	67.5 \pm 2.7	0.48 \pm 0.06	221.4 \pm 16.5
	148	99012 \pm 11503	29102 \pm 2781	29.3 \pm 1.0	32.7 \pm 1.6	67.3 \pm 1.6	0.48 \pm 0.03	245.1 \pm 10.8
۱۳۹۸ 2019	162	98128 \pm 11438	30466 \pm 2502	31.0 \pm 1.2	29.1 \pm 0.7	70.9 \pm 0.8	0.41 \pm 0.01	253.6 \pm 7.5
	67	14013 \pm 2618	2554 \pm 425	18.2 \pm 0.9	60.0 \pm 1.2	40.0 \pm 1.2	1.50 \pm 0.08	72.8 \pm 7.3
	79	20595 \pm 1589	4551 \pm 190	22.0 \pm 1.6	60.3 \pm 1.1	39.7 \pm 1.1	1.52 \pm 0.06	107.2 \pm 9.5
	93	35970 \pm 5881	8240 \pm 1382	22.9 \pm 0.4	53.4 \pm 2.3	46.6 \pm 2.3	1.15 \pm 0.10	127.5 \pm 9.8
	121	68469 \pm 4661	16715 \pm 1327	24.4 \pm 1.3	44.6 \pm 1.5	55.4 \pm 1.5	0.81 \pm 0.05	187.1 \pm 7.8
	135	77893 \pm 4971	20697 \pm 1632	26.5 \pm 1.2	43.0 \pm 4.0	57.0 \pm 4.0	0.75 \pm 0.12	204.1 \pm 6.2
	149	85412 \pm 6793	24082 \pm 2432	28.1 \pm 2.9	38.0 \pm 1.7	62.0 \pm 1.7	0.61 \pm 0.04	216.7 \pm 13.5
159	83913 \pm 5012	25310 \pm 1387	30.1 \pm 0.9	37.8 \pm 3.0	62.2 \pm 3.0	0.61 \pm 0.07	218.4 \pm 15.9	

در کیلوگرم ماده خشک بود. با ادامه روند رشد بخش هوایی افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول و کاهش پروتئین مشاهده شد و در زمان قبل از شروع گل‌دهی به ترتیب به مقدار ۲۲۵/۰ و ۹۲/۴ گرم در کیلوگرم ماده خشک رسید. ترکیب شیمیایی گیاه به دلیل انتقال و جایابی زیاد مواد مغذی مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و عناصر معدنی در طول دوره رشد و با زمان بلوغ بین بخش‌های مختلف متغیر است (Denoroy, 1996). این تغییرات در طول دوره رشد متأثر از عوامل مختلف محیطی مانند دما و نور و عوامل دیگری از قبیل دفعات و زمان آبیاری، کوددهی قرار می‌گیرد (Gunnarsson et al., 2014).

ترکیب شیمیایی کل بخش هوایی، برگ و ساقه گیاه سیب زمینی ترشی در طی دو سال در جداول ۳ و ۴ گزارش شده است. نتایج نشان داد که افزایش معنی‌دار ماده آلی طی مراحل رشد با افزایش اجزاء دیواره سلولی و کربوهیدرات‌های محلول همراه بود و مقدار این ترکیبات در ساقه بالاتر از برگ بود. مقدار پروتئین خام با افزایش سن گیاه کاهش معنی‌داری را نشان داد و غلظت آن در طول دوره رشد در برگ بالاتر از ساقه بود. همچنین، در طی دو سال متوالی میزان ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی و لیگنین بخش هوایی قبل از شروع گل‌دهی به ترتیب ۸۹۵/۳، ۴۱۸/۷، ۳۱۰/۶ و ۸۵/۳ گرم

جدول ۳- اجزاء دیواره سلولزی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی طی مراحل مختلف رشد در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸
Table 3- Cell wall components of the aerial part of Jerusalem artichoke plant during different growth stages in 2018 and 2019 years

سال Year	روزهای پس از کاشت Days after planting	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (g kgDM ⁻¹)			الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (g kgDM ⁻¹)			لیگنین Lignin (g kgDM ⁻¹)		
		کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem	کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem	کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem
۱۳۹۷	71	402.4 ^b	300.5 ^c	444.5 ^b	270.7 ^c	231.5 ^c	301.0 ^b	39.6 ^c	31.0 ^c	56.5 ^c
2018	99	375.8 ^c	332.8 ^{bc}	397.5 ^c	269.8 ^c	242.0 ^c	279.7 ^b	40.6 ^c	22.8 ^c	67.7 ^c
	120	381.2 ^c	358.3 ^{ab}	406.7 ^c	299.1 ^b	259.9 ^{bc}	283.9 ^b	71.2 ^b	53.2 ^b	87.7 ^b
	148	428.8 ^a	374.5 ^a	445.8 ^b	325.1 ^a	291.0 ^a	353.0 ^a	88.5 ^a	74.5 ^a	113.8 ^a
	162	418.9 ^b	365.2 ^{ab}	465.2 ^a	336.7 ^a	285.0 ^{ab}	367.9 ^a	94.1 ^a	83.2 ^a	120.2 ^a
		خطای استاندارد میانگین SEM	5.6	4.6	4.9	7.9	8.7	3.2	4.2	4.3
		سطح معنی داری P-value	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		زمان Time								
		بلوک Block	0.24	0.76	0.001	0.05	0.38	0.48	0.69	0.72
۱۳۹۸	67	383.2 ^c	309.2 ^c	398.5 ^b	239.3 ^c	195.5 ^c	256.9 ^b	43.2 ^c	34.7 ^b	46.4 ^c
2019	93	364.0 ^d	303.0 ^c	382.6 ^b	224.0 ^c	193.5 ^c	260.0 ^b	35.0 ^c	27.0 ^b	53.0 ^c
	135	404.0 ^b	345.2 ^b	433.7 ^a	276.0 ^b	250.0 ^b	311.4 ^{ab}	63.3 ^b	55.2 ^a	81.2 ^b
	149	408.6 ^{ab}	380.6 ^a	431.3 ^a	296.1 ^{ab}	276.2 ^a	322.6 ^a	76.5 ^a	61.7 ^a	88.7 ^{ab}
	159	423.8 ^a	381.9 ^a	454.0 ^a	309.9 ^a	283.1 ^a	338.0 ^a	84.6 ^a	61.3 ^a	97.0 ^a
		خطای استاندارد میانگین SEM	4.4	6.8	8.4	8.9	14.7	3.7	3.4	2.9
		سطح معنی داری P-value	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.02	<0.001	<0.001	<0.001
		زمان Time								
		بلوک Block	0.04	0.10	0.39	0.24	0.81	0.60	0.46	0.22

اعداد با حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر سال دارای اختلاف معنی دار (P<0.05) نمی‌باشند.
Numbers with the same letters for each column for each year are not significantly different (P<0.05).
SEM: Standard error means

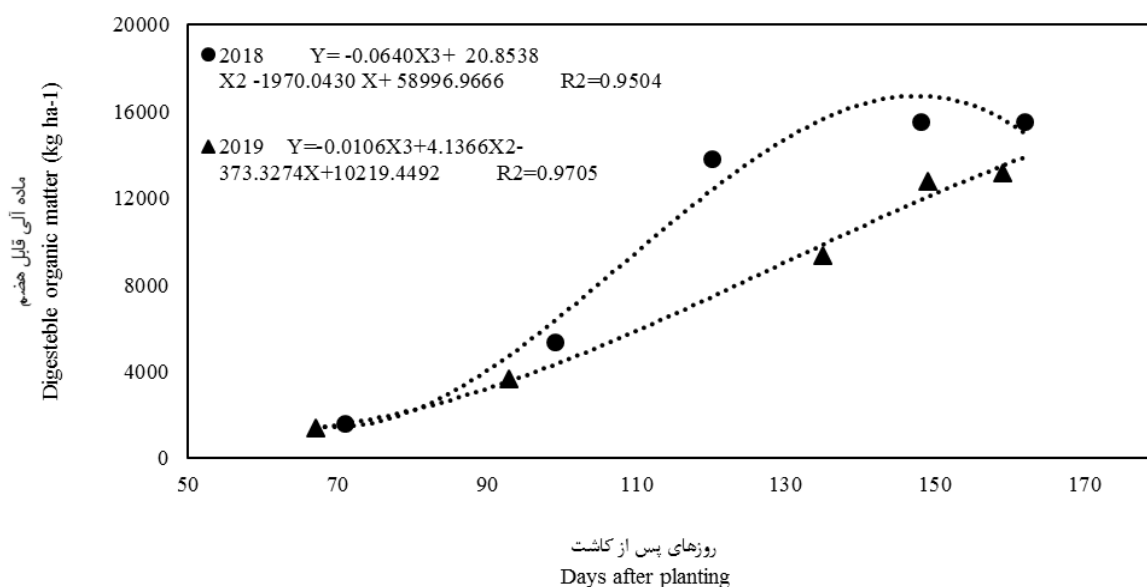
جدول ۴- ترکیب شیمیایی بخش هوایی گیاه سبب زمینی ترشی طی مراحل مختلف رشد در سالهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸
 Table 4- Chemical composition of the aerial part of Jerusalem artichoke plant during different growth stages in 2018 and 2019 years

سال Year	روزهای پس از کاشت Days after planting	ماده آلی Organic matter (g kgDM ⁻¹)			کربوهیدراتهای محلول در آب Water soluble carbohydrate (g kgDM ⁻¹)			پروتئین خام Crude protein (g kgDM ⁻¹)		
		کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem	کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem	کل بخش هوایی Total aerial part	برگ Leaf	ساقه Stem
۱۳۹۷	71	807.9 ^c	782.0 ^c	858.6 ^c	94.9 ^c	86.8 ^b	122.7 ^c	112.9 ^a	137.5 ^a	81.4 ^a
2018	99	884.6 ^b	817.9 ^a	927.3 ^b	212.2 ^b	94.0 ^b	264.5 ^b	96.2 ^{ab}	128.7 ^b	61.0 ^{bc}
	120	893.3 ^b	816.6 ^{ab}	930.2 ^b	200.7 ^b	105.1 ^a	253.7 ^b	84.7 ^{bc}	130.0 ^b	63.8 ^b
	148	909.3 ^a	806.0 ^b	957.6 ^a	234.5 ^a	92.3 ^b	293.0 ^a	85.6 ^{bc}	123.2 ^c	57.5 ^{bc}
	162	921.9 ^a	784.5 ^c	957.3 ^a	247.5 ^a	104.7 ^a	273.8 ^{ab}	76.7 ^c	110.1 ^d	55.2 ^c
		خطای استاندارد میانگین SEM	4.5	7.03	3.8	2.9	7.6	4.9	1.5	2.2
		سطح معنی داری P-value	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001	0.006	<0.001	<0.001
		زمان Time	0.08	0.01	0.69	0.03	0.44	0.74	<0.001	0.65
		بلوک Block								
۱۳۹۸	67	835.0 ^c	826.1 ^a	841.0 ^c	76.0 ^c	69.2 ^c	83.5 ^d	126.2 ^a	178.8	65.7 ^a
2019	93	891.7 ^a	805.2 ^b	932.1 ^b	173.5 ^b	97.6 ^b	224.5 ^c	103.5 ^{bc}	163.7	58.4 ^a
	135	893.2 ^a	814.3 ^{ab}	935.3 ^{ab}	211.1 ^a	109.6 ^a	248.2 ^b	107.5 ^b	171.2	64.8 ^a
	149	881.3 ^b	794.2 ^{bc}	934.2 ^b	215.6 ^a	102.0 ^{ab}	272.0 ^a	99.2 ^c	166.5	44.6 ^b
	159	897.2 ^a	790.9 ^c	946.9 ^a	217.2 ^a	97.6 ^b	258.8 ^{ab}	87.0 ^d	166	32.9 ^c
		خطای استاندارد میانگین SEM	2.8	3.5	3	3.9	4.9	2.2	4.8	2.7
		سطح معنی داری P-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.33	<0.001
		زمان Time	0.1	0.59	0.54	0.79	0.5	0.28	0.94	0.26
		بلوک Block								

اعداد با حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر سال دارای اختلاف معنی دار (P<0.05) نمی باشند.
 Numbers with the same letters for each column for each year are not significantly different (P<0.05).
 SEM: Standard error means

گیاه سیب زمینی ترشی گزارش شده است (Malmberg and Theander, 1986). در رابطه با تغییرات میزان اجزاء دیواره سلولی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در طول فصل رشد، نتایج متفاوتی گزارش شده است (Hay and Offer, 1992; Papi et al., 2015). این اختلافات به دلیل جابجایی مواد مغذی بین بخش‌های مختلف گیاه و تبدیل آن‌ها به مواد دیگر در طول دوره رشد می‌باشد (Denoroy, 1996). با این حال، در مطالعه حاضر مقدار اجزاء دیواره سلولی ساقه در تمامی مراحل رشد بالاتر از برگ بود و بیشترین مقادیر آن در مراحل انتهایی رشد مشاهده شد. مطابق با نتایج مطالعه حاضر در گزارشی تغییرات الیاف نامحلول در شوینده خنثی با افزایش سن گیاه با لیگنینی شدن همراه بود (Stauffer et al., 1980).

گزارشی از تغییرات ترکیبات شیمیایی برگ و ساقه بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در کشور گزارش نشده است. همچنین، اطلاعات مربوط به ترکیب شیمیایی گیاه در خارج از کشور نیز محدود است. مطالعه حاضر طی دو سال نشان داد که افزایش میزان ماده آلی با افزایش سن گیاه ناشی از افزایش عملکرد ساقه به همراه افزایش مواد آلی آن بود. ماده آلی ساقه از زمان قبل از شروع گل‌دهی تا گل‌دهی کامل به ترتیب ۹۴۵/۹ و ۹۵۲/۱ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود که نسبت به برگ با میزان ماده آلی ۸۰۰/۱ و ۷۸۷/۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک به ترتیب در هر یک از مراحل بالاتر بود. این موضوع نشان‌دهنده انتقال و ذخیره بیشتر مواد آلی فتوسنتز شده از برگ به ساقه می‌باشد (Kays and Nottingham, 2007). مشابه با نتایج مطالعه حاضر، مقدار خاکستر بیشتری در برگ نسبت به ساقه



شکل ۱- تغییرات ماده آلی قابل هضم بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی به ترتیب از ۷۱ و ۶۷ روز پس از کاشت تا گل‌دهی کامل در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸
Figure 1- Changes in digestible organic matter of aerial part of Jerusalem artichoke plant from 71 and 67 days after planting to full flowering in 2018 and 2019, respectively

خشک نشان دادند که مقدار آن نیز با توجه به بلوغ و گل‌دهی متغیر بود (Prabhu and Robert, 1985). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب با افزایش سن گیاه، به شدت تحت تأثیر افزایش مقادیر آن در ساقه قرار گرفته باشد. نتایج مطالعات در خصوص افزایش تقریباً ۵۰ درصدی غلظت کربوهیدرات محلول ساقه در زمان قبل از گل‌دهی نسبت به برگ با نتایج این مطالعه هم‌خوانی داشت (McGrath, 1988; Li et al., 2017). با

یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت علوفه جهت تغذیه دام، مقدار پروتئین خام است. مرحله رشد گیاه مهم‌ترین فاکتور مؤثر در میزان پروتئین خام است. اگرچه، پروتئین خام گیاه تحت تأثیر عوامل دیگری مانند میزان و سطح کوددهی قرار می‌گیرد (McDonald et al., 1991). در مطالعه حاضر کاهش پروتئین خام گیاه با بلوغ می‌تواند به دلیل کاهش نسبت برگ به ساقه باشد. نتایج گزارشات غلظت پروتئین خام این گیاه را بین ۵ تا ۱۶ درصد در ماده

ترشی عمدتاً به واسطه افزایش در میزان فروکتان‌ها می‌باشد؛ زیرا با افزایش بلوغ و مرحله پر شدن غده‌ها کربوهیدرات بیشتری به شکل اینولین به غده منتقل می‌شود (Gao *et al.*, 2020). به نظر می‌رسد، دمای محیط از طریق تأثیر بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول مانند فروکتان‌ها بر توزیع اندازه این ترکیبات نیز مؤثر است (McDonald *et al.*, 2011).

این وجود، غلظت کربوهیدرات‌های محلول بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی کشت شده در استان البرز در محدوده Papi (*et al.*, 2015) این مطالعه و نتایج گزارشی دیگر کمتر (Mohammadi *et al.*, 2019) از مطالعه حاضر بود. تفاوت در نتایج مطالعات صورت گرفته می‌تواند به دلیل تأثیر محیط و تفاوت‌های مدیریتی اعمال شده در مطالعات باشد. افزایش در کربوهیدرات‌های محلول در آب بخش هوایی گیاه سیب زمینی

جدول ۵- قابلیت هضم بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی طی مراحل مختلف رشد در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 5- Digestibility of the aerial part of Jerusalem artichoke plant during different growth stages in 2018 and 2019 years

سال Year	روزهای پس از کاشت Days after planting	قابلیت هضم ماده آلی Organic matter digestibility (%)			قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)		
		کل بخش Total aerial part			کل بخش Total aerial part		
		هوایی Aerial	برگ Leaf	ساقه Stem	هوایی Aerial	برگ Leaf	ساقه Stem
۱۳۹۷ 2018	71	63.2 ^a	63.0	61.5 ^a	63.6 ^a	65.5 ^{ab}	60.7 ^a
	99	62.8 ^a	65.1	58.6 ^{ab}	64.7 ^a	65.8 ^{ab}	59.2 ^{ab}
	120	61.3 ^{ab}	63.7	59.8 ^{ab}	64.1 ^a	67.8 ^a	59.9 ^{ab}
	148	58.7 ^b	61.7	55.7 ^{bc}	60.2 ^b	65.2 ^{ab}	57.2 ^{bc}
	162	55.3 ^c	60.3	52.0 ^c	58.8 ^c	63.2 ^b	55.3 ^c
	خطای استاندارد میانگین	0.9	1.0	1.2	0.8	0.8	0.8
	SEM						
	سطح معنی داری						
	P-value						
	زمان Time	0.003	0.07	0.002	0.002	0.03	0.009
بلوک Block	0.9	0.26	0.31	0.92	0.51	0.31	
۱۳۹۸ 2019	67	64.9 ^a	66.8 ^a	59.8 ^a	67.5 ^a	68.1 ^a	61.0 ^a
	93	66.2 ^a	66.5 ^{ab}	57.7 ^{abc}	67.3 ^a	68.2 ^a	57.6 ^{bc}
	135	62.5 ^b	65.3 ^{abc}	58.7 ^{ab}	66.7 ^{ab}	67.7 ^a	60.3 ^{ab}
	149	60.3 ^b	62.8 ^{bc}	56.8 ^{bc}	63.4 ^{bc}	64.0 ^b	58.9 ^{abc}
	159	57.9 ^c	62.0 ^c	52.8 ^c	60.3 ^c	62.8 ^b	55.0 ^c
	خطای استاندارد میانگین	0.8	1.0	0.7	1.0	0.8	0.6
	SEM						
	سطح معنی داری						
	P-value						
	زمان Time	0.002	0.04	0.03	0.007	0.001	0.02
بلوک Block	0.44	0.84	0.14	0.53	0.58	0.07	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون مربوط به هر سال دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند.

Numbers with the same letters for each column for each year are not significantly different ($P < 0.05$).

SEM: Standard error means

نیاز حیوان نیز صورت می‌گیرد. قابلیت هضم علوفه یکی از فاکتورهای مهم تعیین کیفیت علوفه در تغذیه دام است که تحت

انتخاب منابع علوفه‌ای در تغذیه دام علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد تولیدی در واحد سطح با فراهمی غلظت مواد مغذی مورد

مطالعه حاضر در مراحل مختلف رشد در این دامنه قرار داشت. کاهش قابلیت هضم در اکثر علوفه‌ها به همراه تغییرات بافت‌های ساختمانی گیاه مشاهده شده است (McDonald *et al.*, 2011). احتمال می‌رود که در مطالعه حاضر با پیشرفت بلوغ افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و شوینده اسیدی و لیگنین در گیاه به خصوص در ساقه باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک این گیاه شده است. همچنین، اگرچه عملکرد ماده خشک قبل از شروع گل‌دهی تا گل‌دهی کامل طی دو سال از ۲۶/۵ به ۲۷/۸ تن در هکتار افزایش یافت؛ اما به دلیل کاهش قابلیت هضم ماده آلی طی این دو مرحله تغییری در عملکرد ماده آلی قابل هضم در هکتار مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر طی دو سال زراعی متوالی نشان داد که اگرچه حداکثر عملکرد ماده خشک تولیدی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در مرحله گل‌دهی کامل صورت گرفت؛ اما، عملکرد ماده آلی قابل هضم در هکتار از مرحله قبل از گل‌دهی تا گل‌دهی بدون تغییر بود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه رازی جهت حمایت در هزینه‌های انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نماید.

تأثیر ترکیب شیمیایی و نسبت برگ به ساقه گیاه قرار دارد. نتایج مطالعه حاضر در دو سال زراعی کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی را به ترتیب از ۶۵/۵ تا ۵۹/۵ درصد و از ۶۴/۰ تا ۵۶/۶ درصد از مرحله رویشی تا گل‌دهی کامل نشان داد. با این حال، در طول دوره رشد قابلیت هضم برگ بالاتر از ساقه بود و کاهش معنی‌دار قابلیت هضم ساقه با افزایش سن گیاه در هر دو سال مشاهده شد. عملکرد ماده آلی قابل هضم قبل از شروع گل‌دهی تا گل‌دهی کامل به ترتیب ۱۴/۱ و ۱۴/۳ تن در هکتار بود. این تغییرات در هر دو سال از معادله درجه سه تبعیت کرد و ضریب تبیین آن در سال اول و دوم به ترتیب ۰/۹۵۰۴ و ۰/۹۷۰۵ بود (شکل ۱).

قابلیت هضم گیاه سیب زمینی ترشی مانند سایر گیاهان متأثر از ترکیبات شیمیایی برگ و ساقه و نسبت آن‌ها می‌باشد (Hay and Offer, 1992). مشابه نتایج آزمایش حاضر، کاهش قابلیت هضم بخش هوایی ۱۰ رقم سیب زمینی ترشی با افزایش سن گیاه از مرحله رویشی تا گل‌دهی و بلوغ مشاهده شد (Seiler, 1988). در مطالعه دیگر تغییری در قابلیت هضم گیاه در مراحل مختلف رشد و شروع گل‌دهی مشاهده نشد و علت این موضوع به دلیل عدم تغییر اجزاء دیواره سلولی با افزایش سن در زمان‌های نمونه‌برداری گزارش شد (Papi *et al.*, 2015).

با این حال، میزان قابلیت هضم مطلوب علوفه جهت تغذیه دام در آزمایشات برون تنی بین ۵۰ تا ۸۰ درصد گزارش شده است که قابلیت هضم بخش هوایی گیاه سیب زمینی ترشی در

References

- AOAC, 2000. Official methods of analysis, 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Assefa, Y., Prasad, P.V., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R. and Ciampitti, I.A. 2017. A new insight into corn yield: Trends from 1987 through 2015. *Crop Science*, 57(5): 2799-2811.
- Becker, M. and Nehring, K. 1969. Handbook of Feedstuffs (in German). Paul Parey Verlag. Hamburg and Berlin (Germany). Vol. 1.
- Cabral, M.R., Nakanishi, E.Y., Mármol, G., Palacios, J., Godbout, S., Lagacé, R. and Fiorelli, J. 2018. Potential of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) stalks to produce cement-bonded particleboards. *Industrial Crops and Products*, 122: 214-222.
- Cardellina, J.H. 2015. Review of biology and chemistry of Jerusalem Artichoke, *Helianthus tuberosus* L. *National Product*, 78(12): 3083-3092.
- Denoroy, P. 1996. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L.: a model oriented view. *Biomass and Bioenergy*, 11(1): 11-32.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.T. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for

- determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3): 350-356.
- Farzinmehr, S., Rezaei, J.H. and Fazaeli, H.** 2020. Effect of harvesting frequency and maturity stage of Jerusalem artichoke forage on yield, chemical composition and in vitro fermentation of the tubers and forage. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(2): 12-24.
- Fazaeli, H., Karkodi, K. and Mirhadi, A.** 2009. In vitro and in vivo analysis of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) and alfalfa nutritive value. *Journal of Crop Production and Processing*, 13(48): 163-173. (In Persian).
- Gao, K., Zhang, Z., Zhu, T. and Coulter, J.A.** 2020. The influence of flower removal on tuber yield and biomass characteristics of *Helianthus tuberosus* L. in a semi-arid area. *Industrial Crops and Products*, 150: 112374-112380.
- Gunnarsson, I.B., Svensson, S.E., Johansson, E., Karakashev, D. and Angelidaki, I.** 2014. Potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a biorefinery crop. *Industrial Crops and Products*, 56: 231-240.
- Hay, R.K.M. and Offer, N.W.** 1992. *Helianthus tuberosus* as an alternative forage crop for cool maritime regions: a preliminary study of the yield and nutritional quality of shoot tissues from perennial stands. *Science of Food and Agriculture*, 60(2): 213-221.
- Kays, S.J. and Nottingham, S.F.** 2007. Biology and chemistry of Jerusalem artichoke: *Helianthus tuberosus* L. CRC press.
- Karimi, M.M. and Siddique, H.M.** 1991. Crop growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42(1): 13-20.
- Li, L., Shao, T., Yang, H., Chen, M., Gao, X., Long, X. and Rengel, Z.** 2017. The endogenous plant hormones and ratios regulate sugar and dry matter accumulation in Jerusalem artichoke in salt-soil. *Science of the Total Environment*, 578: 40-46.
- Malmberg, A. and Theander, O.** 1986. Differences in chemical composition of leaves and stem in Jerusalem artichoke and changes in low-molecular sugar and fructan content with time of harvest. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 16(1): 7-12.
- Matías, J., González, J., Cabanillas, J. and Royano, L.** 2013. Influence of NPK fertilization and harvest date on agronomic performance of Jerusalem artichoke crop in the Guadiana Basin (Southwestern Spain). *Industrial Crops and Products*, 48: 191-197.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G.** 2011. *Animal Nutrition* (7th ed). Harlow, UK: Pearson Education Limited.
- McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E.** 1991. *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications.
- McDougall, E.I.** 1948. The composition and output of sheep's saliva. *The Biochemical Journal*, 43(1): 99-109.
- McGrath, D.** 1988. Seasonal variation in the water-soluble carbohydrates of perennial and Italian ryegrass under cutting conditions. *Irish Journal of Agricultural Research*, 1: 131-139.
- Mohammadi, V., Mokhtassi, B.A. and Fazaeli, H.** 2019. Yield and forage properties of Jerusalem artichoke at different harvest intervals. *Crop Improve*, 12(2): 209-219. (In Persian).
- Ørskov, E.R.** 1998. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients: a review. *Small Ruminant Research*, 28(1): 1-8.
- Papi, N., Kafilzadeh, F. and Fazaeli, H.** 2015. Yield, composition and digestibility of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) at different harvesting stages. *Animal Production*, 17(2): 335-345. (In Persian).
- Papi, N., Kafilzadeh, F. and Fazaeli, H.** 2017. Effects of incremental substitution of maize silage with Jerusalem artichoke silage on performance of fat-tailed lambs. *Small Ruminant Research*, 147: 56-62.
- Papi, N., Kafilzadeh, F. and Fazaeli, H.** 2019. Use of Jerusalem artichoke aerial parts as forage in fat-tailed sheep diet. *Small Ruminant Research*, 174: 1-6.

- Papi, N.** 2015. Potential use of dried and ensiled Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) in livestock feeding. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, University of Razi. (In Persian).
- Prabhu, D.R. and Robert, M.H.** 1985. Extraction of a high-protein isolate from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*) tops and evaluation of its nutrition potential. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 33: 31-33.
- Rossini, F., Provenzano, M.E., Kuzmanović, L. and Ruggeri, R.** 2019. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): a versatile and sustainable crop for renewable energy production in Europe. *Agronomy*, 9(9): 528-568.
- Seiler, G.J.** 1988. Nitrogen and mineral content of selected wild and cultivated genotypes of Jerusalem artichoke. *Agronomy Journal*, 80(4): 681-687.
- Stauffer, M.D., Chubey, B.B. and Dorrell, D.G.** 1980. Growth, yield and compositional characteristics of Jerusalem artichoke as it relates to biomass production. Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem., Prepr; (United States), 25 (CONF-800814-P3).
- Swanton, C.J., Clements, D.R., Moore, M.J. and Cavers, P.B.** 1992. The biology of Canadian weeds. 101. *Helianthus tuberosus* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(4): 1367-1382.
- Tilley, J.M.A. and Terry, D.R.** 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, 18(2): 104-111.
- Van Soest, P.Y., Robertson, J. and Lewis, B.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Zhang, X., Xu, H., Fu, R., Jin, L., Zhao, H., Wang, L. and Liang, M.** 2016. Bioethanol production by heterologous expression of two individual 1-FEH genes from *Helianthus tuberosus* in *Saccharomyces cerevisiae* 6525. *Bio Energy Research*, 9(3): 884-893.

Yield and yield components, chemical composition and digestibility of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) aerial part at various growth stages

Leila Taherabadi^{1*}, Farokh Kafilzadeh²

¹ Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding Author: Taherabadi.le@razi.ac.ir

Received: 7 December 2021

Accepted: 1 February 2022

DOI: 10.22034/csrar.2022.318270.1163

Abstract

Introduction: Due to the increasing demand for animal protein resources on the one hand and the lack of available water resources on the other, it is crucial to investigate the forage potential of plants for animal nutrition. The Jerusalem artichoke, which is primarily grown for its tubers, produces a substantial amount of forage-worthy aerial parts. However, few studies on the aerial portion of this plant have been conducted in Iran, and those that do exist were conducted at the Research Institute of Animal Sciences in Alborz province. Consequently, the present study was conducted to determine the variations in yield, chemical composition, and digestibility of the Jerusalem artichoke aerial part and its constituents at various growth stages over two consecutive years.

Materials and Methods: To examine the variations in yield and quality of the aerial portion of Jerusalem artichoke, a randomized complete block experiment with 4 replications was conducted in the Agricultural Research Station of Razi University over the course of two consecutive years, 2018 and 2019. From the vegetative stage to full flowering, the yield and yield components (at 7 stages) and chemical composition and digestibility (at 5 stages) of the aerial part of the plant were determined. The chemical composition was determined includes organic matter, ash-free cell wall fibers, water-soluble carbohydrates, and crude protein. In addition, the digestibility of samples whose chemical compositions were measured was determined invitro using two stages of anaerobic digestion and acidic pepsin digestion.

Results and Discussion: In the first and second years, the dry matter yield of Jerusalem artichoke aerial part at two stages of just before flowering and full flowering was 29.1 and 30.4 tons per hectare and 24.0 and 25.3 tons per hectare, respectively. Increased dry matter accumulation in the stem was associated with increased yield during growth stages. These alterations were associated with an increase in height and a decrease in leaf: stem ratio. The ratio of leaf to stem decreased from 1.62 to 0.41 in the first year and from 1.50 to 0.61 in the second year between the vegetative stage and full flowering. In the present study, the increase in aerial organic matter with increasing plant age was due to an increase in stem yield and an increase in its organic matter. During the growth stages, the stem contained more organic matter, insoluble fibers in neutral detergent, and soluble carbohydrates, while the leaf contained more crude protein. Organic matter, insoluble fibers in neutral detergent and acid detergent content, and lignin in the aerial part just before flowering were, respectively, 895.3, 418.7, 310.6, and 85.3 g/kg dry matter over the course of two years of study. With the continuation of the growth period, the water-soluble carbohydrate content increased and the crude protein content decreased to 225 and 92.4 g/kg dry matter, respectively, just prior to flowering. In the aerial portion of the plant, the digestibility of organic matter and dry matter decreased significantly from the vegetative stage to full flowering in the first and second years, respectively, from 64 to 56 and 65 to 59. An increase in cell wall fibers and an increase in the dry matter yield of Jerusalem artichoke aerial part as the plant matured and reached full flowering reduced the digestibility of the forage. However, the yield of digestible organic matter per hectare remained unchanged between the pre-flowering and flowering stages.

Conclusion: The highest dry matter yield of Jerusalem artichoke aerial part was obtained at the full flowering stage, but the digestible organic matter yield per hectare remained unchanged from just before flowering to the full flowering stage.

Keywords: Forage, Harvesting time, Jerusalem artichoke, Nutritive value