فصلنامه یافته‌های زیست‌شناسی
جلد 7، **شماره** 4

بررسی اثرات فلوئوراید بر رستنی‌های کارخانه آلومینیوم ایران، با تأکید بر انباشت آن در یونجه *Medicago sativa* L.

مهرانا جعفری[1*]، میترا نوری[2]، بهروز عشقی ملایری[3]

تاریخ دریافت: 90/5/3 تاریخ پذیرش: 90/8/21

چکیده

کارخانه آلومینیوم ایران، ایرالکو [4] در شمال شرقی شهر اراک واقع شده است و فلوئورایدها را در محیط پراکنده می‌کند. در این پژوهش محوطه کارخانه از نظر ترکیب رستنی‌های آن مورد بررسی قرار گرفت. 90 گونه‌ی گیاهی از 83 جنس در 28 خانواده تشخیص و شناسایی گردید. پاسخ گیاهان به آلاینده‌های فلوئورایدی مطالعه شد. مقدار فلوئوراید در 8 گونه لگوم (*Alhagi camelorum* Fisch., *Cercis siliquastrum* L., *Glycyrrhiza glabra* L. *Medicago sativa* L., *Melilotus officinalis* (L.) lam., *Robinia peseudoacacia* L., *Sophora alopecuroides* L. and *Trifolium repens* L.) از محوطه کارخانه به روش پتانسیومتری با الکترود انتخابی یون (ISE) اندازه گیری شد. نمونه‌هاي شاهد از 10 کیلومتری کارخانه جمع اوری شدند. نتایج نشان داد اغلب گیاهان مورد مطالعه نسبت به فلوئوراید مقاوم و یا غیر حساس می‌باشند. مقادیر بالای فلوئوراید در همه لگوم‌های آلوده در مقایسه با شاهد مشاهده گردید که گونه *Medicago sativa* L. بیشترین مقدار فلوئوراید را دارا بود.

کلمات کلیدی: رستنی ها، فلوئوراید، *Medicago sativa* L.، لگوم ها، ایرالکو.

*1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بوعلی سینا همدان
jafari.mehrana@yahoo.com
2- عضو هیأت علمی دانشگاه اراک
3- عضو هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا همدان

4. IRALCO: Iranian Aluminium Company

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

فلوئورايد در صنعت آلومينيوم به دليل استفاده از كمك ذوب‌ها و يا كاتاليزورها توليد مي‌شود (1). در كارگاه‌ها درصد زيادی از گرد و غبار موجود در اطراف ديگ ها، فلوئورايدها هستند. در بالای ديگ ها، مقدار زيادی گاز F_2 نيز يافت مي‌شود. فلوئور به دليل الكترونگاتيويته‌ی زياد در هوای مرطوب توليد فلوئوريد ئيدروژن *(HF)* مي‌نمايد (2). فلوئور پيوندهای محكمی با كربن تشكيل مي‌دهد كه به حمله‌های شيميايی و زيستی، مقاوم هستند و سبب اهميت فلوئور در مطالعات زيست محيطی مي‌گردد (3). در گياهان آلاينده‌های فلوئورايدی از طريق ريشه و بطور مستقيم به وسيله ی برگ ها، جذب شده در برگ‌ها ذخيره مي‌شوند انباشتگی بيش از حد فلوئورايد در برگ‌ها سبب كلروز و نكروز در نوک و حاشيه برگ‌ها مي‌شود و سبب آسيب‌های شديد در گياهان مي‌شوند (4،5). همچنين فلوئورايد آثار زيان باری در سرعت رشد، فتوسنتز، ميزان تنفس و ذخيره كل گياهان به وجود آورده و راه‌های متابوليكی را تحت تأثير قرار مي‌دهد و آن‌ها را مهار مي‌كند (6). فلوئورايد در ذرت سبب چسبندگی كروموزوم‌ها و يا شكستگی كروماتيدها مي‌شود (7). همچنين در گندم و جو كه در نزديكی منابع فلوئورايد رشد كرده بودند افزايش معنی داری در ميزان انحرافات كروموزومی نوک ريشه يافت شد (7).همچنين در گندم وجوكه در نزديكی منابع فلوئورايد رشد كرده بودند افزايش معنی داری در ميزان انحرافات كروموزومی نوک ريشه يافت شد (8) فلوئورايد حاصل از كارخانه‌های آلومينيوم سبب تغيير در تعداد فلاونوئيدهای موجود در لگوم‌ها (9)، و افزايش و نيتروتوكسين در اين گياهان مي‌شود (10).

بر حسب گونه گياه، سن برگ و خصوصيات خاک، ميزان طبيعی فلوئورايد از 2 تا 20µg/g در وزن خشک گياهان آوندی متغير است (12، 11). آلودگی هوا، آب و خاک با فلوئورايد سبب پاسخ‌های مشابهی در گياهان مي‌شود (13) ولی فلوئورايد گازی برای گياهان خطرناک‌تر است (14). فلوئورايد در خاک‌های با حلاليت كم كه گنجايش بافری پايين دارند تجمع مي‌يابد، اين خواص شيميايی سبب مي‌شود كاتيون‌های دو ظرفيتی به تركيباتی با حلاليت پايين در آب تبديل شده و جذب اين كاتيون‌ها توسط گياه مختل شود(15).

آلودگی فلوئورايدی ناشی از صنايع بر رويش گياهی شهری[1] تاثير گذاشته (16) و سبب ايجاد آسيب در گياهان و جانوران مي‌شود (17، 18). در گياه آلوده به فلوئورايد تغييرات فيزيولوژيكی و بيوشيميايی زيادی آغاز مي‌شود بدون اينكه آثار قابل رؤيتی وجود داشته باشد (19). در نمونه‌های علوفه جمع آوری شده از فاصله 200 متری گدازنده‌های آلومينيوم در رومانی ميزان فلوئورايد در گياهان شسته شده *mg/Kg* 162 و در گياهان شسته نشده *mg/Kg* 4023 گزارش شد، در صورتی كه در گياه رشد يافته در منطقه كنترل (300 كيلومتری)، كمتر از *mg/Kg*10 فلوئورايد وجود داشت. ميزان بالای فلوئورايد در نمونه‌های آلوده مي‌تواند اثرات زيانباری بر دام‌ها و حيوانات علفخوار داشته باشد (20). ميزان فلوئورايد در برگ‌های بالغ گياه *Hypericum perforatum* رشد يافته در يک منطقه با آلودگی‌های صنعتی *µg/g* 150 و در گياه كنترل *µg/g* 1/59 گزارش شد.

حساسيت گونه‌های مختلف نسبت به فلوئورايد متفاوت است. برخی گياهان نسبت به فلوئورايد حساس و بعضی مقاوم هستندگروه اندكی از گياهان مانند لگوم‌ها و غلات در اين تقسيم بندی جايگاه ثابتی ندارند. گونه *Lolium multiforum* به عنوان انباشته ساز[2] و كولتيوارهای گلايول[3] به عنوان گياهان معرف تجمع[4] فلوئورايد مورد استفاده قرار مي‌گيرند.

هدف از اين مطالعه بررسی فلورستيک و رستنی‌های محوطه كارخانه آلومينيوم ايران، اندازه گيری مقدار فلوئورايد در برخی از گونه‌های متعلق به خانواده

1. Urban vegetation
2. Accumulator
3.Gladiolus
4. Accumulative indicator

Archive of SID

www.SID.ir

Fabaceae و بررسی واکنش آن‌ها به آلاینده‌های فلوئورایدی است.

معرفی منطقه مورد مطالعه: ایرالکو اولین تولید کننده شمش‌های آلومینیوم در ایران، در 34 درجه و 6 دقیقه عرض شمالی و 49 درجه و 46 دقیقه طول شرقی در زمینی به مساحت 232 هکتار با ارتفاع m 1803، بارندگی سالیانه mm 435، رطوبت نسبی 44/3، حداکثر دما $39/04^{\circ}c$ و حداقل دما $-23/06^{\circ}c$ در حاشیه شهر اراک واقع گردیده است (21).

مواد و روش‌ها

به روش فلوریستیک گیاهان موجود در محوطه ایرالکو از تاریخ چهارم شهریور 1385 تا سی و یکم تیر 1386 جمع آوری گردید و به هر یک کد شناسایی داده شد نام محل و تاریخ نمونه برداری یادداشت گردید و از آن‌ها نمونه‌های هرباریومی تهیه شد. با استفاده از رستنی‌های ایران (22) و فلور رنگی ایران (23) و فلور ایرانیکا (24) شناسایی و نامگذاری گردیدند. نمونه‌های شاهد در هرباریوم دانشگاه اراک نگهداری می‌شوند. گونه‌های موجود در این منطقه از نظر حساسیت به فلوئورایید اتمسفری (حساس، غیر حساس و مقاوم)، با گونه‌های رشد یافته در نقاط دیگر جهان بر اساس *Weinstein & Davison, 2004* مقایسه گردیدند و پاسخ آن‌ها به فلوئورایید مورد بررسی قرار گرفت. هشت گونه گیاهی از خانواده *Fabaceae* (*Alhagi cameloroum Fisch.*، *Cercis siliquastrum L.*، *Glycyrrhiza glabra L.*، *Medicago sativa L.*، *Melilotus officinalis (L.) Sophora*، *Robina peseudoacacia L.*، *lam.* *Trifolium repens L.*، *alopecuroides ssp.*) جمع آوری و میزان فلوئورایید آن‌ها در دو منطقه‌ی آلوده (محدوده کارخانه) و شاهد (شعاع بیش از 10 کیلومتری کارخانه) مقایسه گردید.

برگ گیاهان جمع آوری شده از منطقه‌ی آلوده و شاهد را در هوای آزاد خشک کرده و به مدت 24 تا 48 ساعت در آون $80^{\circ}c$ قرار داده شد. سپس بطور کامل پودر شده 0/2 گرم پودر برگ را در یک بشر ریخته و به آن 20 *cc* اسید سولفوریک 0/05 نرمال افزوده شد، سپس 20*cc* سود 0/1 نرمال به محلول فوق اضافه گردید و مخلوط شد. مقدار فلوئورایید با الکترود فلوئورایید (*Fluoride Combination Electrod P/N: FQQl502-QQ3B*) و *pH-meter (Consort SER.N: 013076)* اندازه گیری و میزان فلوئوراید *Fl* بر اساس وزن خشک نمونه گیاهی محاسبه گردید (25).

نتایج

با بررسی فلوریستیک پوشش گیاهی محدوده کارخانه آلومینیوم ایران 90 گونه‌ی گیاهی از 83 جنس در 28 خانواده در محدوده کارخانه آلومینیوم ایران مشاهده شد. 20 درصد از این گیاهان کاشته شده بودند و از رویش اصلی منطقه مورد مطالعه محسوب نمی شوند. نتایج این مطالعه به همراه واکنش گیاه به فلوئوراید بر اساس ظهور آسیب در برگ‌ها بر اساس (*Weinstein & Davison, 2004*) در جدول 1 آمده است. 77% گیاهان رشد یافته در منطقه نسبت به فلوئوراید مقاوم می‌باشند،20% از آن‌ها هم نسبت به فلوئوراید غیرحساس بوده و گیاهان حساس 3%. درصد از پوشش گیاهی منطقه را به خود اختصاص داده اند.

نتایج اندازه گیری فلوئوراید موجود در گیاهان شاهد وآلوده از 8 گونه متعلق به خانواده‌ی (*Leguminosae*) *Fabaceae* به روش الکترود انتخابی یون (*ISE*) در جدول 2 آمده است. بیشترین میزان فلوئوراید با *ppm* 226 در گیاه *Medicago sativa L.*، و کمترین مقدار در گونه‌های *Glycyrrhiza glabra L.* و *Melilotus officinalis* با *ppm*180 به دست آمد. جدول 2 مقادیر فلوئوراید در لگوم‌های مورد مطالعه شاهد و آلوده را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1: خانواده ها، جنس‌ها و گونه‌های گیاهی موجود در محوطه ایرالکو.

خانواده	جنس	نام علمی گونه	پاسخ به FL	کد هرباریومی
Amaranthaceae	Amaranthus	*Amaranthus viridis* L.	IN	CMJ 110
		Amaranthus cruentas L.	IN	CMJ 111
Boraginaceae	Heliotropium	*Heliotropium europaeum* L.	-	CMJ 112
	Myosotis	*Myosotis palustris* L.	-	CMJ 113
Chenopodiaceae	Atriplex	*Atriplex hastata* L.	-	CMJ 114
	Chenopodium	*Chenopodium album* L.	IN	CMJ 115
	Kochia	*Kochia scoparia* (L.) Schrrad.	TO	CMJ 116
	Noea	*Noea mucronata* (Forssk) Aschers et Schweif	-	CMJ 117
	Suaeda	*Suaeda alicrophylla* Pall.	-	CMJ 118
Asteraceae (Compositae)	Artemisia	*Artemisia tournefortiana* Reichb.	-	CMJ 119
	Carthamus	*Carthamus tinetorius* L.	-	CMJ 120
	Centaurea	*Centaurea depressa* Bieb.	-	CMJ 121
	Chondrilla	*Chondrilla juncea* L.	-	CMJ 122
	Chrysanthemum	*Chrysanthemum roseum* [M.B(Parsa	TO	CMJ 123
	Cichorium	*Cichorium intybus* L.	TO	CMJ 124
	Cirsium	*Cirsium arvense* [L.] Scop.	TO	CMJ 125
	Galinsoga	*Galinsoga parviflora* Ca.	-	CMJ 126
	Helianthus	*Helianthus annuus* L.	TO	CMJ 127
		Helianthus tuberosus L.	TO	CMJ 128
	Koelpinia	*Koelpinia tenuissima* Pavl.et Lipsch.	-	CMJ 129
	Lactuca	*Lactuca virosa* L.	-	CMJ 130
	Onopordon	*Onopordon heteracanthum* C. A. Mey.	-	CMJ 131
	Senecio	*Senecio flavus* (Decaisne) Schul. Bip.	-	CMJ 132
	Tagetes	*Tagetes erecta* L.	TO	CMJ 133
	Taraxacum	*Taraxacum vulgare* Hand. Mazz.	TO	CMJ 134
	Tragopogon	*Tragopogon mavginatus* Boiss. et Buhse	-	CMJ 135
	Xanthium	*Xanthium strumarium* L.	TO	CMJ 136
Convolvulaceae	Convolvulus	*Convolvulus arvensis* L.	TO	CMJ 137
Brassicaceae (Cruciferae)	Dascurainia	*Dascurainia Sophia* (L.) Webb. Berth	-	CMJ 138
	Ehtunema	*Ehtunema bonaepatis*	-	CMJ 139
	Lepidium	*Lepidium latifolium* L.	-	CMJ 140
	Sisymbrium	*Sisymbrium irio* L.	-	CMJ 141
Fabaceae (Leguminosae)	Cucumis	*Cucumis sativus* L.	TO	CMJ 142
		Cucumis sativus var. flexuosus	TO	CMJ 143
		Cucurbita pepo var. maxima	TO	CMJ 144
Elaeagnaceae	Elaeagnus	*Elaeagnus angustifolia* L.	TO	CMJ 145
Euphorbiaceae	Chrozophora	*Chrozophora hierosolymitana* Spreng.G	-	CMJ 146
	Alhagi	*Alhagi camelorum* Fisch..	-	CMJ 147
	Cercis	*Cercis siliquastrum* L.	-	CMJ 148
	Glycyrrhiza	*Glycyrrhiza glabra* L.	-	CMJ 149
	Medicago	*Medicago sativa* L.	TO	CMJ 150
	Melilotus	*Melilotus officinalis* [L.] Lam.	TO	CMJ 151
	Robinia	*Robinia peseud-acacia* Linn.	TO	CMJ 152
	Sophora	*Sophora alopecuroides* L.	-	CMJ 153
	Trifolium	*Trifolium repens* L var. Macrorhizum (Boiss) Boiss.	TO	CMJ 154
Gramineae (Poaceae)	Avena	*Avena wiestii* Steud.	-	CMJ 155
	Boissera	*Boissera squarrosa* (Soland.) Nevski	-	CMJ 156

علائم اختصاری: SE = گیاهان حساس[1]، IN= گیاهان غیر حساس[2] و TO =گیاهان مقاوم[3].

1. Sensitive
2. Insensitive
3. Tolerant

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول 1: خانواده ها، جنس‌ها و گونه‌های گیاهی موجود در محوطه ایرالکو.

خانواده	جنس	نام علمی گونه	پاسخ به FL	کد هرباریومی
Gramineae (Poaceae)	Bromus	*Bromus tectorum* L.var. tectorum	IN	CMJ 157
	Cynodon	*Cynodon dactylon* L. Pers.	TO	CMJ 158
	Digitaria	*Digitaria sanguinalis* Scop.	SE	CMJ 159
	Echinochloa	*Echinochloa crus-galli* (L.) E.Beauv.	-	CMJ 160
	Ermopyrum	*Ermopyrum confusum* Melderis var. confusum	-	CMJ 161
	Heteranthelium	*Heteranthelium piliferum (Banks et Soland)*	-	CMJ 162
	Hordeum	*Hordeum spontanum* C. Koch.	-	CMJ 163
	Lolium	*Lolium perenne* L.	TO	CMJ 164
	Panicum	*Panicum turgidum* Forsk.	-	CMJ 165
	Pennisetum	*Pennisetum oriental* Rich.	-	CMJ 166
	Phragmites	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Et Steud.	-	CMJ 167
	Poa	*Poa bulbosa* L.	IN	CMJ 168
		Poa anna L.	IN	CMJ 169
	Setaria	*Setaria glauca* (L.) P.Beauv.	TO	CMJ 170
Lamiaceae (Labiatae)	Mentha	*Mentha longifolia* L var. asitatica (Boriss.) Rechf.	TO	CMJ 171
	Salvia	*Salvia virata* Jacq.	TO	CMJ 172
Malvaceae	Alcea	*Alcea kurdica* (Schecht.) Boiss.	-	CMJ 173
	Malva	*Malva neglecta* Wall.	-	CMJ 174
Moraceae	Ficus	*Ficus carica* L.	TO	CMJ 175
	Morus	*Morus alba* L.	-	CMJ 176
Nyctaginaceae	Mirabilis	*Mirabilis jalapa* L.	-	CMJ 177
Oleaceae	Fraxinus	*Fraxinus excelsior* L.	-	CMJ 178
	Ligustrum	*Ligustrum vulgare* L.	TO	CMJ 179
Oxalidaceae	Oxalis	*Oxalis stricta*	TO	CMJ 180
Pinaceae	Thuya	*Thuya orientalis* L.	-	CMJ 181
Plantaginaceae	Plantago	*Plantago lanceolata* L.	TO	CMJ 182
		Plantago major L.	TO	CMJ 183
Polygonaceae	Polygonum	*Polygonum patulum* Bieb.	-	CMJ 184
Portulacaceae	Portulaca	*Portulaca oleracea* L.	-	CMJ 185
Rosaceae	Cydonia	*Cydonia oblonga* Mill.	TO	CMJ 186
	Hultemia	*Hultemia berberifolia* (Pall) Boiss.	-	CMJ 187
	Malus	*Malus communis* Desf.	TO	CMJ 188
	Poterium	*Poterium sanguisorba* L.	-	CMJ 189
	Rosa	*Rosa sempervirens* L.	IN	CMJ 190
Rubiaceae	Rubia	*Rubia tinctorum* L.	-	CMJ 191
Salicaceae	Popolus	*Popolus tremula* L.	SE	CMJ 192
	Salix	*Salix alba* L.	-	CMJ 193
		Salix babylonica L.	-	CMJ 194
Solanaceae	Solanum	*Solanum* lycopersicum	-	CMJ 195
Terebinthaceae	Ailanthus	*Ailanthus altissima* [Mill.] Swingle.	-	CMJ 196
Ulmaceae	Ulmus	*Ulmus campestris* L.	-	CMJ 197
Zygophyllaceae	Peganum	*Peganum* harmala L.	-	CMJ 198
	Tribulus	*Tribulus* terrestris L.	-	CMJ 199

علائم اختصاری: SE = گیاهان حساس[1]، IN= گیاهان غیر حساس و TO =گیاهان مقاوم[2].

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 2: مقایسه میزان فلوئوراید در گیاهان آلوده و کنترل

کد هرباریومی	گونه	مقدار فلوئوراید در گیاه آلوده ppm	مقدار فلوئوراید ppm در گیاه کنترل
CMJ 147	*Alhagi camelorum* Fisch.	88 ± 2.77	57 ± 1.67
CMJ 148	*Cercis siliquastrum* L.	89 ± 1.99	32 ± 1.49
CMJ 149	*Glycyrrhiza glabra* L.	180 ± 2.24	43 ± 2.16
CMJ 150	*Medicago sativa* L.	226 ± 1.07	24 ± 1.32
CMJ 151	*Melilotus officinalis* (L.) lam.	180± 001	4 3± 2.49
CMJ 152	*Robina peseudoacacia* L.	175 ± 2.24	62 ± 1.57
CMJ 153	*Sophora alopecuroides* ssp.	170 ± 2.38	1.5 ± 1.59
CMJ 154	*Trifolium repens* L.	50±2.99	2 ± 0.7

*CMJ=Mehrana Jafari collection numbers.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق تحقیقات *Vike* (2002) آلاینده‌های ناشی از کارخانه‌های آلومینیوم در گیاهان جذب و ذخیره شده و بر رویش گیاهی شهری اثر می‌گذارند. گیاهانی که به طور معمول در مکان‌های آلوده به فلوئوراید رشد می‌کنند به فلوئوراید مقاوم هستند. طبق تحقیقات *Vike* (1999) گیاهان حساس توانایی رشد در مناطق آلوده به فلوئوراید را نداشته و معمولاً از پوشش گیاهی منطقه حذف می‌شوند.

نکروز و کلروز در گیاهان حساس به فلوئوراید، در کمتر از $50\mu g/g$ در وزن خشک فلوئوراید، مشاهده می‌شود. درگیاهان حساس، آسیب‌های گسترده‌ی برگی با میزان فلوئوراید بین 50 تا $200\mu g/g$ وزن خشک اتفاق می‌افتد و ذخیره بالای آن آسیب‌های قابل رؤیت را پس از چند ساعت در گیاه ایجاد می‌کند پس بهتر است از گونه‌های مقاوم به فلوئوراید در این مکان‌ها استفاده شود.

آسیب در رویش گیاهی در مجاورت کارگاه احیا بیشتر مشاهده شده، این محل‌ها علاوه بر آلودگی فلوئوراید در معرض ذرات گرد و غبار حاوی یون F^- محلول در آب نیز می‌باشد. به طورکلی رویش گیاهی منطقه‌ی اطراف کارخانه فاقد شادابی بوده و برگ‌ها غبار گرفته و گاهی از شدت آلودگی خاکستری هستند. براساس مشاهدات *Vike* (1999) نیز شادابی رویش گیاهی نزدیک مناطق با آلودگی سنگین فلوئوراید 15 تا 35% ضعیف‌تر از منطقه فاقد آلودگی است، که با میزان غلظت F^- در برگ‌ها مرتبط می‌باشد(26).

میزان فلوئوراید در لگوم‌ها به طور طبیعی 5 تا 10 *ppm* می‌باشد(27). در این تحقیق بیشترین میزان فلوئوراید با 226*ppm* در یونجه.*M. sativa L* آلوده وجود داشت که با نتایج *Cooke* و همکاران (1976) مطابقت می‌کند(28)، در صورتی که میزان فلوئوراید در یونجه شاهد که از فاصله‌ی بیش از 5 کیلومتری کارخانه برداشته شده بود، *ppm* 24 بود میزان فلوئوراید در گیاهان به فاصله از منبع آلاینده فلوئورایدی بستگی دارد. *Miller* و همکاران (1999) مقدار فلوئوراید را در گیاه یونجه رشد یافته در منطقه آلوده به فلوئوراید، *ppm*130 گزارش کردند (29).

میزان انباشتگی فلوئوراید در گیاهان متفاوت است به طور مثال مقدار فلوئوراید در شبدر (*clover*) بیش ازتک لپه‌ای‌ها (*grasses*) می‌باشد.

میزان فلوئوراید در گونه‌های *Glycyrrhiza glabra L.* و *Melilotus officinalis* آلوده با *ppm* 180 است. میزان فلوئوراید در گیاه *Sophora alopecuroides L.* آلوده *ppm* 180 می‌باشد که میزان فلوئوراید در گیاه آلوده 113 برابر گیاه شاهد است و این نشان‌دهنده توانایی این گونه در جذب مقادیر زیاد فلوئوراید می‌باشد. در حالی که گونه *Alhagi camelorum Fisch.* با *ppm* 88 فلوئوراید (1/5 برابر گیاه شاهد) کمترین ذخیره سازی فلوئوراید را نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه داشته است (جدول 2). میزان جذب و ذخیره فلوئوراید در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است (30).

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهان فلوئوراید را از راه هوا و خاک جذب می‌کنند ولی آنالیزهای دقیق *Tsiros* و همکاران (1998) نشان داد جذب فلوئوراید از طریق هوا نسبت به خاک بیشتر است. انباشته شدن فلوئورایدها در بافت‌های گیاهی سبب انتقال این آلاینده‌ها به علفخواران می‌گردد (31).

گیاهانی که به عنوان علوفه برای تغذیه دام‌ها استفاده می‌شوند سبب ورود آلاینده‌های فلوئورایدی به زنجیره غذایی گردیده و اثرات بدی بر اکوسیستم و از جمله علفخواران منطقه می‌گذارند. یونجه *M. sativa* از گیاهانی است که برای تغذیه دام‌ها استفاده شده و از این طریق فلوئوراید در استخوان‌ها و دندان‌های دام‌ها انباشته و سبب فلوئوروزیس می‌شود و همچنین انسان‌ها در معرض فلوئورزیس قرار می‌گیرند (32، 33). نتایج نشان داد گیاه *M. Sativa* رشد یافته در منطقه آلوده مقادیر زیادی فلوئوراید دارا می‌باشد. از این رو بهتر است برای جلوگیری از عوارض زیست محیطی مصرف یونجه‌های آلوده به فلوئوراید به عنوان علوفه، محدودیت‌ها و تدابیر لازم در خصوص کشت و مصرف این گیاه در اطراف کارخانه اعمال شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از شرکت آلومینیوم سازی ایران که در انجام این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند تشکر می‌نمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1. Arnesen AKM. Effect of fluoride pollution on pH and solubility of Al, Fe, Ca, Mg, K and organic matter in soil from Ardal (Western Norway). *Water air and soil pollution* 1998; 103: 1- 4.

2. Cooke JA, Johnson MS, Davison AW, Bradshaw AD. Fluoride in plants colonizing fluorspar mine waste in the peake district and weardale. *Environ. Pollut* 1976; 11: 9-23.

3. Dolley D. Fluoride-induced enhancement and inhibition of photosynthesis in four taxa and inhibition of photosynthesis in four taxa of pines. *New phytologist* 1986; 110: 21-35.

4. Emberson L, Ashmore M, Murray F. Air pollution impacts on crops and forests: an introduction. Imperial College Press 2003; 18.

5. Fornasiero RB. Phytotoxic effects of fluorides. *Plant Science* 2001; 161: 979- 985.

6. Ghahreman A. Colered flora of Iran. Poblication of Institue Forests and Ranglands 1981-2007.

7. Gritsan NP. Cytogenetic effects of gaseous fluorides on grain crops. *Fluoride* 1993; 26: 23-32.

8. Jacobson SJ. The Accumulation of Fluorine by Plants. *J Air Pollut Control Assoc* 1966; 16 (8) 412-7.

9. Klumpp A, Domingos M, Pignata ML. Air pollution and vegetation damage in South America—state of knowledge and perspectives, in: Agrawal, S.B. & Agrawal (Eds.), M. Environmental Pollution and Plant Responses, New York: CRC Press; 2000.p. 111–136.

10.Klumpp A, Klumpp G, Domingos M. Plants as bioindicators of air pollution at the Serra do Mar near the industrial complex of Cubata˜o, Brazil. *Environ. Pollut* 1994; 85: 109–114.

11.Kusa Z, Wardas W, Sochacka J, Pawłowska-Góral K. Fluoride accumulation in selected vegetables during their vegetation. Polish *Journal of Environmental Studies* 2004; 13 (1): 55- 58.

12.Maclean DC, Schneider RE. Effects of gaseous hydrogen fluoride on the yield of field-grown wheat. *Environ. Pollut* 1981; A (24): 39-44.

13.Miller GW, Shupe JL, Vedina OT. Accumulation of fluoride in plants exposed to geothermal and industrial water. *Fluoride* 1999; 32: 74–83.

14.Mobayen S. Vegetation of Iran. Flora of vascular plant; *2nd. Thehran University Poblications*; 1983.

15.Mohamed AH. Chromosomal changes in maize induced by hydrogen fluoride gas. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 1970; 12: 614-620.

16.Noori M. Study of flourides on plant. M. S. Thesis. Faculty of Science. *Thehran University*; 1995.

17. Noori M, Malayeri BE, Jafari M.Determination of fluoride and its effects on flavonoids, in some legumes .*Toxicological & Environmental Chemistry- Taylor & Francis* 2009; 91 (3); 409–418.

18.Noori M, Malayeri BE, Jafari M. Fluoride pollutants as causative agent for nitrotoxins 5 generated in some legume plants. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2010; 92 (1): 97–105.

19.Notcutt G, Davies F. Environmental accumulation of airborne fluorides in Romania. *Environmental Geochemistry and Health* 2001; 23: 43–51.

20.Posthumus AC. Higher plants as indicators and accumulators of gaseous air pollution. Environ. Monit. *Assess* 1983; 3: 263– 272.

21.Rechinger KH. Flora Iranica, Papilionaceae 2. 1963-1988. (157) p. 259-272.

22.Saei far A. Study of plant absorbtion and accumulation of emission fluoride of brick factort. M. S. Thesis. Faculty of Health. *Thehran University*; 1983-84.

23.Silva LC, Azevedo AA, Silva EAM, Oliva MA. Effects of simulated acid rain on the growth and anatomy of five Brazilian tree species and anatomy of the most sensitive species (Joannesia princes). *Australian Journal of Botany* 2005; 53: 789-796.

24.Suttie JW. Fluoride Content of Commercial Dairy Concentrates and Alfalfa Forage. *AGR. FOOD CHEM* 1969; 17: 1350.

25.Tokaliglu S, Kartal S, Sahin U. Determiniation of fluoride in various samples and some Infusion using a fluoride selective electrode. *Turk. J. Chem* 2004; 28: 203-211.

26.Tsiros JX, Haidouti C, Chronopoulou A. (). Airborne fluoride contamination of soils and olive trees near an aluminium plant. Measurements and simulations. *J. ENVIRON. SCI. HEALTH* 1998; A33 (7): 1309-1324.

27.Van der Herden LJ. Fluoride content in grass as related to atmospherici fluoride concentrations: a simplified predictive model. *Agri. Ecosyst. Environ* 1991; 37: 257–264.

28.Vike E. Air-pollutant dispersal patterns and vegetation damage in the vicinity of three aluminium smelters in Norway. *The Science of The Total Environment* 1999; 236 (1-3): 75-90.

29.Vike E. Air pollution from aluminium smelters; dispersal patterns, deposition and uptake in plants, and effects on urban vegetation. Doctor Scientiarum Theses. *Agricultural University of Norway*; 2002.

Archive of SID

www.SID.ir

30.Viswanathan G, Jaswanth A, Gopalakrishnan S, Siva ilango S, Aditya G. Determining the optimal fluoride concentration in drinking water for fluoride endemic regions in South India. *Science of the Total Environment* 2009; 407: 5298–5307.
31.Viswanathan G, Jaswanth A, Gopalakrishnan S, Siva ilango, S. Mapping of fluoride endemic areas and assessment of fluoride exposure. *Science of the total environment* 2009; 407: 1579- 1587.
32.http: //www.iralco.net/web/index.asp.
33.Weinstein, L.H. & Davison, A. Fluorides in the environment, effects on plants and animals. *CABI International, Wallingford*; 2004.

Archive of SID

www.SID.ir