دانشکده منابع طبیعی

گروه جنگلداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی تاثیر ریشه توسکا درتثبیت دامنه‌ها به منظورکاربرد در زیست مهندسی

از:

صغری ملکی

استاد راهنما :

دکتر رامین نقدی

اساتید مشاور:

دکتر احسان عبدی

دکتر مهرداد نیکوی

شهریور ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده منابع طبیعی

گروه جنگلداری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی تاثیر ریشه توسکا درتثبیت دامنه‌ها به منظورکاربرد در زیست مهندسی

از:

صغری ملکی

استاد راهنما :

دکتر رامین نقدی

اساتید مشاور :

دکتر احسان عبدی

دکتر مهرداد نیکوی

شهریور۱۳۹۱

تقدیم :

وتو نخواهی خواند و شاید حتی نخواهی دانست آنچه که نگارش یافته در اینجا، چرا که غرق در دغدغه های روزمره زندگی هستی.

مادرم، نمی دانی که چقدر در پیشگاه خالق خویش شرمسارم که تنها کاری که از من بر می آید این است که این پایان نامه را به تو تقدیم کنم و بگویم درس جنگیدن برای چیزی که دوستش داریم را از تو خوب آموخته ام.

تشکر و قدردانی

نخست پروردگار بی‌همتا را سپاسگزارم که فرصت و توان انجام این تحقیق را به من عطا فرمود تا لذت جستجو کردن و یافتن را تجربه کنم. در این مجال لازم می‌بینم که از کمک‌ها و صبر استاد راهنما و مشاوران محترمم جناب آقای دکتر رامین نقدی، دکتر احسان عبدی و دکتر مهرداد نیکوی که در ایجاد انگیزه برای انجام این تحقیق نقش اساسی داشته و با راهنمایی های ارزنده مرا در انجام این پایان‌نامه یاری نمودند صمیمانه قدردانی نمایم. همچنین سپاس فراوان خود را از ارزیابی ارزشمند داوران محترم پایان‌نامه جناب آقایان دکتر سلیمان محمدی و دکتر مهرداد قدس خواه اعلام می‌دارم.

از همکاری پرسنل محترم آزمایشگاه مکانیک خاک دانشکده فنی خانم مهندس جعفری، آقایان مهندس سرمست و مهندس کاتبی و مسئول محترم آزمایشگاه خاک دانشکده منابع طبیعی آقای نبوی نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از دوستان عزیزم سپیده یوسفی فرد، زهرا کریمی، شیوا بلند رفتار، سمانه نامداری و نسترن هرسیج ثانی به خاطر همه زحماتی که در طول انجام این تحقیق متحمل شدند، بی نهایت سپاسگزارم. از کلیه کسانی که به نحوی ما را در انجام این پروژه یاری نمودند، متشکرم و موفقیت و سربلندی همه آنها را در تمام مراحل زندگی از خداوند منان آرزومندم. در پایان سپاس فراوان خود را نثار خانواده عزیزم می‌کنم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده فارسی	ذ
چکیده انگلیسی	ر
فصل اول : مقدمه و کلیات	
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۱-۱-گونه مورد مطالعه	۳
۱-۱-۱-۱- مشخصات بوتانیکی گونه توسکا ییلاقی	۳
۱-۱-۱-۲- مشخصات اکولوژیکی توسکای ییلاقی	۳
۱-۱-۲- فاکتورهای موثر در انتخاب گونه گیاهی	۴
۱-۱-۲-۱- خصوصیات زیست فنی	۴
۱-۱-۲-۱-۱- پراکنش ریشه ها (تراکم ریشه ها)	۴
۱-۱-۲-۱-۲- مقاومت کششی ریشه ها	۵
۱-۱-۳- خصوصیات مکانیک خاک	۵
۱-۱-۳-۱- درصد رطوبت طبیعی	۵
۱-۱-۳-۲- دانه بندی	۵
۱-۱-۳-۳- حد روانی	۵
۱-۱-۳-۴- حد خمیری	۶
۱-۱-۳-۵- شاخص روانی (نمایه مایع)	۶
۱-۱-۳-۶- تراکم	۶
۱-۱-۳-۷- مقاومت برشی خاک	۷
۱-۱-۳-۷-۱- معیار گسیختگی موهر-کولمب	۷
۱-۱-۴- خصوصیات شیمیایی خاک	۷
۱-۱-۴-۱- نیتروژن خاک	۸
۱-۱-۴-۲- فسفر خاک	۸
۱-۱-۴-۳- پتاسیم خاک	۸
۱-۱-۵- ضریب ایمنی	۸
۱-۲- سابقه پژوهش	۱۱
۱-۳- هدف و فرضیه ها	۱۴
فصل دوم: مواد و روش ها	
۲-۱- مشخصات کلی منطقه مورد مطالعه	۱۶
۲-۱-۲- توپوگرافی	۱۶
۲-۱-۳- خاک منطقه	۱۶
۲-۱-۴- اقلیم	۱۶
۲-۱-۵- راههای دسترسی	۱۷
۲-۱-۶- وضعیت توده های جنگلی و رستنی های سری یک تنیان	۱۷
۲-۱-۷- تحلیلی بر وضعیت جنگل شناسی سری یک تنیان	۱۷
۲-۱-۸- پارسل مورد مطالعه	۱۸
۲-۲- روش مطالعه	۲۰

۲-۲-۱- بررسی ویژگی های مربوط به گیاهان ۲۰
۲-۲-۲- آزمایش های مکانیک خاک ۲۱
۲-۲-۲-۱- تجزیه مکانیکی خاک ۲۱
۲-۲-۲-۲- حدود آتربرگ خاک ۲۲
۲-۲-۲-۳- طبقه بندی نمونه ها ۲۲
۲-۲-۲-۴- تراکم ۲۲
۲-۲- ۲-۵- مقاومت برشی ۲۲
۲-۲-۳- آزمایش های شیمیایی خاک ۲۲
۲-۲-۴- آزمایشهای مقاومت کششی ریشه ۲۳
۲-۲-۵- افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه ۲۴
۲-۲-۶- تعیین ضریب پایداری دامنه ها ۲۵
فصل سوم: نتایج
۳-۱- سیستم ریشه ۲۷
۳-۱-۱- پراکنش RAR در رابطه با عمق ۲۷
۳-۱-۲- الگوی پراکنش RAR در رابطه با عمق ۲۸
۳-۱-۳- تعداد ریشه ها در رابطه با عمق ۲۹
۳-۲- نتایج آزمایش های فیزیکی و مکانیکی خاک ۳۱
۳-۲-۱- نتایج تجزیه مکانیکی و دانه بندی خاک ۳۱
۳-۲-۲- حدود آتربرگ ۳۵
۳-۲-۳- طبقه بندی نمونه های خاک ۴۰
۳-۲-۴- آزمایش تراکم خاک ۴۰
۳-۲-۵- نتایج آزمایشهای مقاومت برشی نمونه های خاک ۴۴
۳-۳- آزمایشهای شیمیایی خاک ۴۸
۳-۴- نتایج آزمایش های مقاومت کششی ریشه ۴۹
۳-۵- افزایش مقاومت برشی خاک بر اثر حضور ریشه (Cr) ۵۱
۳-۶- آنالیز پایداری دامنه ۵۲
فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری
۴-۱- بحث ۵۵
۴-۱-۱- تعداد ریشه ها و عمق نفوذ ریشه ۵۵
۴-۱-۲- پراکنش RAR ریشه ها ۵۵
۴-۱-۳- مقاومت کششی ریشه ها ۵۶
۴-۱-۴- اثر خصوصیات شیمیایی خاک روی تعداد و پراکنش ریشه‌ها ۵۷
۴-۱-۵- افزایش مقاومت برشی خاک در اثر حضور ریشه ها ۵۸
۴-۱-۶- افزایش ضریب ایمنی پایداری در اثر حضور ریشه ها ۵۸
۴-۲- نتیجه گیری ۵۹
۴-۳- پیشنهادها ۵۹
۴-۳-۱- پیشنهادهای تحقیقاتی ۵۹
۴-۳-۲- پیشنهادهای اجرایی ۵۹
منابع ۶۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱- درصد کلاس‌های شیب در پارسل ۱۰۸ ۱۸
جدول ۳-۱: درصد تراکمی RAR در عمق‌های مختلف نسبت به سطح ۲۷
جدول ۳-۲: خلاصه اطلاعات مربوط به مدل cubic ۲۸
جدول ۳-۳: آنالیز واریانس رابطه رگرسیون ۲۸
جدول ۳-۴: تعداد ریشه‌ها در هر افق اول ۲۹
جدول ۳-۵: خلاصه اطلاعات مربوط به مدل Logistic ۳۰
جدول ۳-۶: آنالیز واریانس رابطه رگرسیون ۳۰
جدول ۳-۷: درصد تراکمی تعداد ریشه در عمق های مختلف نسبت به سطح ۳۱
جدول ۳-۸: درصد وزنی ذرات عبوری از الک ۲۰۰ در هر نمونه ۳۱
جدول ۳-۹: اطلاعات مربوط به حدود خمیرایی و نمایه های مختلف نمونه های خاک ۴۰
جدول ۳-۱۰: طبقه هر نمونه در سیتم یونیفاید ۴۰
جدول ۳-۱۱: آزمایش شیمیایی نمونه ها ۴۹
جدول ۳-۱۲: ارتباط بین تعداد و پراکنش ریشه ها با خصوصیات شیمیایی خاک ۴۹
جدول ۳-۱۳: اطلاعات مربوط به نتایج آزمایش مقاومت کششی ۵۰
جدول ۳-۱۴: ضرایب معادله نمایی مقاومت کششی و ضریب تبیین مربوطه ۵۱
جدول ۳-۱۵: آزمون t دو کلاسه قطری ۵۱
جدول ۴-۱: مقاومت کششی گونه‌های درختی ۵۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: شرایط حساس در منطقه مورد مطالعه ۱۰
شکل ۱-۲: شرایط حساس در منطقه مورد مطالعه ۱۰
شکل ۱-۳: شرایط مناسب برای کاربرد زیست مهندسی درمنطقه مورد مطالعه ۱۰
شکل ۱-۴: شرایط حساس در منطقه مورد مطالعه ۱۰
شکل ۱-۵: استفاده از سازه های مکانیکی در صورت لزوم برای حفظ شیروانی ها (منطقه مورد مطالعه) ۱۰
شکل ۲-۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه ۱۹
شکل ۲-۲: نمایی از آخرین افق و حداکثرعمق ریشه دوانی ۲۰
شکل ۲-۳: مشخص کردن افق های ۱۰ سانتی متری روی دیواره پروفیل ۲۱
شکل ۲-۴: اندازه گیری قطر ریشه با کولیس (دقت ۰/۰۱ میلی متر) ۲۱
شکل ۲-۵: گسیختگی در وسط ریشه تحت تاثیر نیروی کششی وارد شده توسط دستگاه اینسترون استاندارد ۲۳
شکل۳-۱: تغییرات RAR در ارتباط با عمق (میانگین ± اشتباه معیار) ۲۷
شکل ۳-۲: الگوی پراکنش RAR در رابطه با عمق ۲۸
شکل ۳-۳: الگوی پراکنش تعداد ریشه در رابطه با عمق ۲۹
شکل ۳-۴: تغییرات تعداد ریشه در رابطه با عمق ۳۰
شکل ۳-۵: نمودار دانه بندی نمونه شماره یک ۳۲
شکل ۳-۶: نمودار دانه بندی نمونه شماره دو ۳۲
شکل ۳-۷: نمودار دانه بندی نمونه شماره سه ۳۳
شکل ۳-۸: نمودار دانه بندی نمونه شماره چهار ۳۳
شکل ۳-۹: نمودار دانه بندی نمونه شماره پنج ۳۴
شکل ۳-۱۰: نمودار دانه بندی نمونه شماره شش ۳۴
شکل ۳-۱۱: نمودار دانه بندی نمونه شماره هفت ۳۵
شکل ۳-۱۲: نمودار دانه بندی نمونه شماره هشت ۳۵
شکل ۳-۱۳: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره یک ۳۶
شکل ۳-۱۴: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره دو ۳۶
شکل ۳-۱۵: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره سه ۳۷
شکل ۳-۱۶: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره چهار ۳۷
شکل ۳-۱۷: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره پنج ۳۸
شکل ۳-۱۸: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره شش ۳۸
شکل۳-۱۹: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره هفت ۳۹
شکل۳-۲۰: منحنی روانی مربوط به نمونه شماره هشت ۳۹
شکل ۳-۲۱: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره یک ۴۱
شکل ۳-۲۲: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره دو ۴۱
شکل ۳-۲۳: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره سه ۴۲
شکل ۳-۲۴: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره چهار ۴۲
شکل ۳-۲۵: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره پنج ۴۳
شکل ۳-۲۶: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره شش ۴۳
شکل ۳-۲۷: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره هفت ۴۴

شکل۳-۲۸: منحنی تراکم مربوط به نمونه شماره هشت ۴۴
شکل ۳- ۲۹: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره یک ۴۵
شکل ۳- ۳۰: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره دو ۴۵
شکل ۳- ۳۱: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره سه ۴۶
شکل ۳- ۳۲: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره چهار ۴۶
شکل ۳- ۳۳: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره پنج ۴۷
شکل ۳- ۳۴: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره شش ۴۷
شکل ۳- ۳۵: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره هفت ۴۸
شکل ۳- ۳۶: خط مقاومت مهر-کولمب مربوط به نمونه شماره هشت ۴۸
شکل ۳-۳۷: رابطه قطر ریشه و میزان نیروی لازم برای گسیختن ریشه و برازش تابع پلی نمیال ۵۰
شکل ۳-۳۸: رابطه قطر و مقاومت کششی ریشه و برازش تابع توانی ۵۱
شکل۳-۳۹: افزایش مقاومت برشی در اثر حضور ریشه های تا قطر ۱۰ میلی متر (میانگین ± اشتباه معیار) ۵۲
شکل۳-۴۰: افزایش مقاومت برشی در اثر حضورکل ریشه ها (میانگین ± اشتباه معیار) ۵۲
شکل۳-۴۱: ضریب ایمنی در خاک بدون پوشش گیاهی و خاک با پوشش گیاهی ۵۳
شکل ۳-۴۲: تغییرات افزایش ضریب پایداری در اثر ریشه‌ها در افق‌ها ۵۳

چکیده

بررسی تاثیر ریشه توسکا درتثبیت دامنه‌ها به منظورکاربرد در زیست مهندسی

صغری ملکی

ریشه گیاهان با افزایش مقاومت برشی خاک، باعث مسلح سازی و در نتیجه افزایش پایداری دامنه ها می شود. میزان مسلح سازی بستگی به خصوصیات زیست فنی(نسبت سطح ریشه به سطح خاک و مقاومت کششی) ریشه ها دارد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثر ریشه گونه توسکا در تثبیت دامنه های لغزشی بود. برای تعیین ویژگی های سیستم ریشه‌ای روش دیواره پروفیل مورد استفاده قرار گرفت و تعداد و قطر همه ریشه ها در هر افق اندازه گیری شد، برای اندازه گیری مقاومت کششی ریشه ها از دستگاه اینسترون استاندارد استفاده شد و برای بدست آوردن پارامترهای مقاومتی خاک، آزمایش برش مستقیم با نمونه های دست نخورده انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش عمق، تعداد و پراکنش ریشه ها کاهش می یابد. بیشترین تعداد ریشه مربوط به ۱۰ سانتی متر اول بود و میزان متوسط نسبت سطح ریشه به خاک۰/۰۱± ٪۰/۰۷۱ بدست آمد. مقاومت کششی ریشه ها با افزایش قطر به صورت تابع توانی کاهش یافت و میانگین آن برابر با ۳/۱۰ ± ۱۶/۲۹مگاپاسکال بود. با استفاده از نتایج حاصل از خصوصیات زیست فنی و مدل Wu میزان مسلح سازی محاسبه شد که کمینه و بیشینه مسلح سازی به ترتیب ۰/۵۵ و ۱۱۰/۷۶ کیلو پاسکال برآورد شد که کمترین مقدار مربوط به آخرین افق و بیشترین مقدار مربوط به اولین افق است. با توجه به میزان مسلح سازی و پارامترهای مقاومتی بدست آمده از آزمایش برش مستقیم و با استفاده از نرم افزار Slip4Ex ضریب ایمنی دامنه در حالت با پوشش گیاهی و عدم پوشش گیاهی بدست آمد. نتایج افزایش ۱۹/۰۸٪ ضریب ایمنی در اثر پوشش گیاهی را نشان داد. از نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان در تثبیت دامنه ها به روش زیست مهندسی بهره گرفت.

کلمات کلیدی:
نسبت سطح ریشه به سطح خاک، مقاومت کششی ریشه، مقاومت برشی خاک، مسلح سازی خاک، ضریب ایمنی، زیست مهندسی، توسکای ییلاقی، جنگل تنیان.

Abstract

Assessing the effect of *Alnus* roots in hillslopes stability in order to use in soil bioengineering

Soghra maleki

Plant roots reinforced the soils with increasing soil shear strength, and increases slope stability. The amount of reinforcement depends on root biotechnical characteristics (root area ratio and tensile strength).The purpose of this study was to evaluate the effect of alder (*Alnus subcordata)* roots in hillslope stability. The profile trenching method was used to obtain root characteristics, and all roots and diameters in each depth were measured. A standard insrton was used for determining tensile strength of roots and direct shear test with undisturbed samples was used for determining soil strength parameters. The results indicated that the root density and number of root were decreased with increasing depth. Most of roots were at the first 10 cm and average root area ratio was 0.071% ± 0.01. Tensile strength decreased with increasing diameter of roots following power function with an average of 16.29 ± 3.10 MPa. Using the results of biotechnical characteristics and *Wu* model, the reinforcement effect was calculated and minimum and maximum of reinforcement were 0.55 KPa and 110.76 KPa respectively, and the lowest value was in the last depth and highest value was in the first layer. Using the reinforcement value and soil strength parameters and Slip4Ex software factor of safty with and without vegetation were calculated. The results indicated that vegetation increases factor of safty about 19.08%. The results presented in this paper can be used for hillslope stability with bioengineering method.

Keywords: Root Area Ratio, Root tensile strength, Soil shear strength, Soil reinforcement, Factor of safty, Soil bioengineering, Alnus subcordata, Tanian forest.

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

جاده‌های جنگلی در مرحله‌ی اولیه ساخت دارای دیواره‌های خاکبرداری و خاکریزی بدون پوشش می باشند که اغلب در معرض فرسایش شدید قرار دارند لذا بعد از ساختن جاده‌ها تثبیت این دیواره‌ها مهم و ضروری می باشد تا در طول عمر مفید خود ریزش دیواره‌ی خاکبرداری در داخل جاده و انسداد آن و اختلال تردد ماشین آلات جنگل پیش نیاید. از معمول ترین روشهای تثبیت این دیواره‌ها یکی روش‌های مکانیکی با ایجاد سد، دیواره و گابیون و دیگری روش بیولوژیکی می‌باشد (بایزیدی، ۱۳۷۷). استفاده از پوشش گیاهی برای پایدارسازی دامنه‌ها از دوران باستان آغاز شده است. کرابل (۱۹۳۶) جز اولین کسانی بود که از گیاهان در ترکیب با سازه‌های مهندسی استفاده کرد (عبدی، ۱۳۸۸). استفاده از گیاهان به منظور پایدار سازی شیب و کنترل فرسایش زیست مهندسی[1] نامیده می شود (Barker, 1995). پوشش گیاهی سطح خاک را توسط ریشه های درهم پیچیده تثبیت می کند، رواناب را با گرفتن آب باران و کم کردن سرعت رواناب به حداقل می رساند. بسیاری از مطالعات نشان دادند که ناپایداری دامنه‌ها می تواند به دلیل از بین رفتن ریشه درختان به عنوان مسلح کننده خاک باشد، در واقع نبودن پوشش گیاهی روی دامنه ها را می توان نمودی از ناپایداری دامنه به حساب آورد. تثبیت دامنه‌ها با پوشش گیاهی چند منظوره و نسبتاً ارزان قیمت است. دوباره سازی آن خودبخود انجام می گیرد، از نظر دید نیز منظره‌ی جذابی دارد و موجب توسعه و گسترش زیستگاه و حیات وحش می‌شود، نیازی به تجهیزات سنگین و پرکار برای نصب آن وجود ندارد، قابل تلفیق با سایر روش‌های تثبیت است و تاثیرات مثبت آن در سال‌های اولیه کم است اما با گذشت زمان، دارای پایداری بیشتری نسبت به سایر سازه‌های مکانیکی می باشد. هر چند که محدودیت های اساسی نیز در کاربرد آن وجود دارد. پوشش گیاهی در برابر خشکسالی و آفت حساس است، استقرار آن بر روی شیب های تند مشکل است، استقرارش کند است و قدرت مقاومت خیلی زیادی ندارد (بایزیدی، ۱۳۷۷). گاهی با توجه با شرایط طبیعت باید از سازه‌های مهندسی بهره گرفت و روش زیست مهندسی به تنهایی نمی تواند مانع از فرسایش شود (شکل۱-۱ تا ۱-۵). درحالی که روش های تحلیل پایداری دامنه پیشرفت زیادی داشته است، روش های تحلیلی برای ارزیابی تأثیر ریشه هنوز جدید و در حال پیشرفت هستند (Bibalani et al., 2007). خاک در مقابل فشار مقاوم ولی در برابر کشش ضعیف است. برخلاف خاک، ریشه در مقابل کشش مقاوم و در برابر فشار ضعیف است (Pollen, 2007). بنابراین حضور ریشه در خاک تشکیل یک ماتریس مسلح شده را می‌دهد که در طی بارگذاری خاک تنش به ریشه‌ها منتقل می‌شود (Thorn, 1990). تفاوت‌های پایداری مربوط به گونه‌های مختلف یک تیره ممکن است بسیار زیاد باشد و همچنین ممکن است پایداری ریشه یک گونه در شرایط مختلف رویشگاهی بسیار متفاوت باشد (Greenway, 1987). در این مطالعه ما به بررسی میزان پایدارسازی ریشه توسکا در منطقه جنگلی تنیان که یک منطقه لغزشی است، پرداختیم. با داشتن اطلاعات مربوط به میزان پایدارسازی گونه‌های بومی این منطقه، می‌توان ازآن به عنوان یک

1- Bioengineering

شاخص در انتخاب گونه برای جنگل‌کاری در مناطق حساس به فرسایش و مناطق فرسایش یافته استفاده کرد و از مزایای زیست مهندسی بهره برد.

۱-۱-۱- گونه مورد مطالعه

توسکا ییلاقی یکی از گونه‌هایی است که به منظور احیای جنگل تنیان از وضعیت مخروبه، جنگل کاری می شود اما تاکنون نقش این گونه در ثبات دامنه های ناپایدار این منطقه بررسی نشده است و متاسفانه هنوز عامل میزان پایدارسازی گونه‌ها در بحث جنگل کاریها در ایران جایگاهی ندارد.

۱-۱-۱-۱- مشخصات بوتانیکی گونه توسکا ییلاقی:

گونه *Alnus subcordata* از راسته: Dicotyledons، زیر راسته: Apetale، رده: Amentales، خانواده: Betulaceae و جنس: Alnus می باشد. این گونه دارای برگهای تخم مرغی، پهن و دراز، شکل کلی آن کشیده در انتها تیز، در قاعده قلبی شکل، به ابعاد ۷×۱۴ سانتی متر است. برگها نامتقارن و ساده اند. حاشیه برگها دارای دندانه های نامنظم می باشد. این گونه تک پایه است. گلهای نر و گلهای ماده مجتمع در شاتون‌های دم گربه ای مجزا و فلسی است (معتکف، ۱۳۸۲).

۱-۱-۱-۲- مشخصات اکولوژیکی توسکای ییلاقی:

توسکا ییلاقی گونه‌ای کاملا روشنی پسند بوده و در تیمار نور ۱۰۰درصد بیشترین رویش را دارد. در همه‌ی ارتفاع‌ها (تا ۲۰۰۰ متری) به طور نسبتاً یکنواختی دیده می شود و از این لحاظ محدوده پراکنش خاصی از خود نشان نمی دهد و از جهت انتخاب دامنه ها نیز تفاوت معنی داری دیده نشده است. در مورد شیب بیشترین پراکنش را بین شیب های ۱۰ تا ۵۰ درصد نشان می دهد (گهگاه به شیب تا ۷۰٪ می رسد). در طبقه بندی دومارتن در اقلیم مرطوب معتدل تا مدیترانه ای فرا سرد جای می‌گیرد. این گونه قادر است حتی در روی خاکهای پسدوگلی (خاکهای خیلی مرطوب) رشد می کند و می تواند حالت غرقابی خاک را به مدت چندین هفته به شرط آنکه آب غنی از اکسیژن باشد، تحمل نماید. در زمستان و بهار وجود سفره آب زیر زمینی و در تابستان مقداری خشکی را تحمل می‌کند. توسکا را می توان در جاهایی که خاک بهم خورده و هوادیدگی مساعد شده باشد (کنار جاده‌های احداثی در جنگل) به خوبی و به مقدار فراوان یافت. از طرفی به علت کم توقع بودن و مقاوم بودن در مقابل یخبندان می توان این گونه را حتی در دامنه‌های سنگلاخی و بر روی خاکهای ضعیف که از نظر ازت در سطح پایین قرار دارند، مشاهده نمود (نوروزی، ۱۳۸۰).

۱-۱-۲- فاکتورهای موثر در انتخاب گونه گیاهی

به طور کلی برای انتخاب گونه گیاهی در روش زیست مهندسی عوامل زیر را در نظر می گیرند (Schiechtl and Stern 1996):

۱. هدف نهایی

۲. سرشت اکولوژی گونه‌ها

۳. سرشت زیست فنی[۲] گونه ها

۴. مبدا بذر

در مطالعه حاضر خصوصیات زیست فنی (توانایی گیاهان در تحمل نیروهای وارده) توسکای ییلاقی مورد بررسی قرار گرفت و به منظور بررسی تاثیر این گونه در پایداری دامنه ها از مدل Wu (1976) استفاده شد. بنابراین داده های مربوط به پراکنش و مقاومت کششی ریشه‌ها و نیز مقاومت برشی خاک مورد نیاز بودند. علاوه بر این پارامترها، با توجه به هدف، ویژگی‌های دیگری از درختان و خاک نیز اندازه گیری شدند.

۱-۱-۲-۱- خصوصیات زیست فنی ریشه توسکای ییلاقی

نقش ریشه در بهبود ثبات و پایداری دامنه بستگی به خصوصیات سیستم ریشه مثل پراکنش و قدرت کششی ریشه‌ها دارد (Normaniza and Barakbah, 2006; Li et al. ,2007).

۱-۱-۲-۱-۱- پراکنش ریشه ها (تراکم ریشه ها)

نسبت سطح ریشه به خاک(RAR)[۳] به عنوان شاخص تراکم ریشه در خاک شناخته می‌شود(Bischetti et al., 2005) و تحت تحت تاثیر فاکتورهای محیطی و ژنتیکی مثل میزان آب در دسترس، دما، فصل و ارتفاع ار سطح دریا، رطوبت خاک، ساختمان، بافت، عمق و شیب، کشت و زرع، میزان مواد ارگانیک، مواد غذایی وارد شده، فعالیت های میکرو و ماکروارگانیسم، میزان لیگنین و سلولز، سن گیاه، تراکم و رقابت است (Varney and Canny,1993; Doussan et al., 1998; Grant, 1998; Kleidon and Heimann,1998; Smit et al., 2000; Feddes et al., 2001; van Wijk and Bouten,2001; Hopmans and Sun, 2002; Schenk and Jackson, 2002b;Tsutsumi et al., 2003, 2004; Zuo et al., 2004, 2006; Genet et al.,2005; Osman and Barakbah, 2006; Thorup-Kristensen, 2006; Li et al., 2007; Fan and Su, 2008; Schenk, 2008; Sun et al., 2008; Walder and Walder, 2008). بنابراین در یک گونه در مناطق مختلف می تواند متفاوت باشد اما به طور کلی با افزایش عمق خاک و فاصله از تنه، کاهش می یابد (Abernethy and Rutherfurd, 2000). کاربرد اطلاعات مربوط به این شاخص در پهنه بندی پایداری دامنه های جنگلی (Bischetti et al., 2005) و نشان دهنده‌ی وضعیت مسلح سازی[۴] ریشه ها در عمق های مختلف می باشد (Abernethy et al., 2001).

۱-۱-۲-۱-۲- مقاومت کششی ریشه ها

افزایش مقاومت برشی خاک در اثر وجود ریشه‌ها، تا حدود زیادی به مقاومت کششی آنها بستگی دارد. بنابراین اطلاعات مربوط به مقاومت کششی ریشه گونه‌ها، به منظور آنالیز پایداری و انتخاب گونه‌های مناسب برای کنترل فرسایش کاربرد دارند

2- Biotechnical
3- Root Area Ratio
4- Reinforcement

(Watson et al., 2004) عوامل مختلفی روی مقاومت کششی تاثیر می‌گذارندکه برخی از آنها عبارتند از: گونه، فصل، سن، تراکم خاک، انحراف ریشه، رطوبت ریشه و خاک، نگهداری ریشه، نوع تست (آزمایشگاهی یا عرصه ای) ، نوع و اندازه تجهیزات آزمایش، طریقه محکم کردن ریشه در دستگاه، سرعت آزمایش و میزان کشیدگی ریشه در دستگاه (Cofie and Koolen, 2001).

۱-۱-۳- خصوصیات مکانیک خاک

۱-۱-۳-۱- درصد رطوبت طبیعی

یکی از عوامل مهم و موثر در حرکت توده ای یا رانش زمین وجود رطوبت در خاک است. درصد رطوبت طبیعی رفتار خاک را در مقایسه با حدود آتربرگ بیان می کند (افتخاریان، ۱۳۸۰). در خاک های ریز دانه پایداری و مقاومت خاک بستگی به درصد رطوبت آن دارد. در این حالت رطوبت طبیعی خاک با نشانه های حد روانی و حد خمیری مقایسه می شود و در نتیجه حالت روانی و سفتی خاک مشخص می شود (افلاکی، ۱۳۷۴).

فرمول ۱-۱. $w = W_۲ - W_۳ / W_۳ - W_۱ \times ۱۰۰$

که در آن:

w= در صد رطوبت طبیعی خاک

$W_۱$= وزن خالی ظرف (g)

$W_۲$= وزن ظرف + خاک مرطوب (g)

$W_۳$= وزن ظرف + خاک خشک (g)

۱-۱-۳-۲- دانه بندی

هدف از این آزمایش جداسازی دانه های خاک در اندازه‌های مختلف است. به طور کلی اطلاعات حاصل از این آزمایش برای پیش بینی حرکت آب در خاک، میزان نفوذپذیری خاک، حساسیت خاک در مقابل یخ زدگی و رفتار خاک در آب و هوای سرد، خاصیت مویینگی، استفاده به عنوان فیلتر و زهکش مفید است. همچنین نام گذاری خاک طبق آیین نامه های موجود بر اساس آزمایش دانه بندی انجام می گیرد(افتخاریان، ۱۳۸۰).

۱-۱-۳-۳- حد روانی

درصد رطوبتی است که در این رطوبت و رطوبت های بالاتر از آن، خاک به صورت سیال لزج عمل می‌کند. در واقع حد روانی، اندازه مقاومت برشی خاک با درصد مشخصی رطوبت می باشد (افتخاریان، ۱۳۸۰).

۱-۱-۳-۴- حد خمیری

درصد رطوبتی است که در آن یک خاک چسبنده از حالت خمیری به حالت نیمه جامد تغییر می کند.

اطلاعات حاصل از شاخص خمیری ، حد روانی و نمودار خمیری کاساگرانده پایه‌ای برای طبقه بندی خاک های ریزدانه در روش طبقه بندی یونیفاید است (افتخاریان، ۱۳۸۰).

فرمول۱- ۲. $$PI= LL- PL$$

که در آن:

PI = شاخص خمیری

LL = حد روانی

PL = حد خمیری

۱-۱-۳-۵- شاخص روانی (نمایه مایع)

شاخص روانی نسبت اختلاف بین درصد رطوبت خاک در محل با حد خمیری، به شاخص خمیری است (افتخاریان، ۱۳۸۰).

فرمول ۱-۳. $$LI= \frac{w-PL}{LL-PL}$$

که در آن:

w = درصد رطوبت خاک در محل

۱-۱-۳-۶- تراکم

متراکم کردن خاک یک امر ضروری جهت بهبود مقاومت خاک می‌باشد. متراکم نمودن خاک که عبارت است از قرار دادن خاک در یک موقعیت چگالتر، به چند دلیل مطلوب است:

الف) کاهش نشست در آینده، ب) افزایش مقاومت برشی، ج) کاهش نفوذپذیری، د) بهبود خواص مکانیکی خاک و ه) کاهش قابلیت تورم خاک.

آب در خاک مخصوصاً در خاک های ریز دانه، نقش مهمی بازی می‌کند، وقتی آب به خاک خشک اضافه می شود، ذرات خاک یک لایه نازک از آب را جذب سطحی می‌کنند. در اثر اضافه کردن بیشتر آب، این لایه های نازک ضخیم تر شده، اجازه می دهند تا ذرات خاک راحت تر روی یکدیگر بغلتند. در عمل متراکم کردن، آب اضافه شده جایگزین هوایی می شود که در خلل و فرج خاک وجود دارد. ولی بعد از رسیدن به درصد بالایی از اشباع، آب فضاهایی را که می تواند توسط ذرات خاک پر شود،

اشغال می کند و مقدار هوای محبوس شده در خاک اساساً ثابت می ماند(Lambe, 1951). اگر میزان آب از حد معینی بیشتر شود، آب انرژی وارد شده را بدون تغییر شکل جذب کرده و مانع از آن می شود که انرژی به دانه‌های خاک وارد شده، آنها را جابجا کند (جاوید، ۱۳۷۴). بنابراین یک مقدار بهینه‌ی آب برای خاک مورد نظر و عمل تراکمی که بیشینه وزن مخصوص خاک را می دهد، وجود دارد. هدف از انجام آزمایش تراکم در آزمایشگاه، پیدا کردن این مقدار بهینه آب است.

۱-۱-۳-۷- مقاومت برشی خاک

مقاومت برشی خاک، مقاومت داخلی در واحد سطح آن است، یعنی مقاومتی که خاک می‌تواند برای تاب آوردن در برابر گسیختگی و لغزش در امتداد هر صفحه دلخواه در داخل خود بسیج کند. مشخص است که موضوع مقاومت برشی برای بررسی مسائل پایداری خاک از قبیل باربری و پایداری شیب ها و شیروانی ها و فشار افقی موثر بر روی سازه های نگهدارنده (دیواره های حائل) خاک کاربرد دارد (صالح زاده، ۱۳۷۴). یکی از مدل های رفتاری الاستیک که جهت تعیین واکنش محیط در برابر بار، مورد استفاده فراوان دارد، مدل موهر- کولمب است. این مدل با ساده سازیهایی، به طور گسترده به عنوان معیار گسیختگی مصالح استفاده می شود. پارامترهای این مدل و معیار گسیختگی توسط آزمایش برش مستقیم به دست می آید و این پارامتر ها زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک می باشند.

۱-۱-۳-۷-۱ معیار گسیختگی موهر-کولمب

موهر(۱۹۰۰) فرضیه ای را برای گسیختگی ماده یا جسم ارائه کرده، بر این مبنا که ماده یا جسم در یک ترکیب بحرانی از تنش قائم و تنش برشی و نه صرفاً در اثر تنش قائم حداکثر و یا صرفاً تنش برشی حداکثر، گسیخته خواهد شد. بنابراین رابطه اساسی بین تنش قائم و تنش برشی در صفحه گسیختگی به صورت زیر بیان گردید:

$$\tau_f = f(\sigma)$$ فرمول ۱-۳.

در اکثر مسائل مکانیک خاک به طور تقریبی تنش برشی در صفحه گسیختگی را تابعی خطی از تنش قائم در نظر می گیریم (کولمب، ۱۷۷۶). بنابراین این رابطه به صورت زیر نوشته می شود:

$$\tau_f = c + \sigma \tan\emptyset$$ فرمول۱-۴.

که در این رابطه، C چسبندگی، σ فشار نرمال و $\emptyset$ زاویه اصطکاک داخلی می باشد. این رابطه به نام معیار گسیختگی موهر-کلمب مشهور است که عموماً برای بیان پایداری برشی خاک بکار می رود.

۱-۱-۴- خصوصیات شیمیایی خاک

عبدی، (۱۳۸۸) برای بررسی عوامل تاثیر گذار روی پراکنش ریشه، خصوصیات شیمیایی خاک (میزان کربن آلی، میزان ماده آلی، میزان آهک، میزان کربنات و بی کربنات، میزان کلر، میزان ازت، میزان فسفر، میزان سدیم و پتاسیم، میزان کلسیم و

منیزیم) را آزمایش کرد و به این نتیجه رسیدکه فقط بین سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و خصوصیات ریشه ارتباط معنی دار وجود دارد. بنابراین در این مطالعه میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم و PH خاک مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۱-۴-۱- نیتروژن خاک

ازت : ازت در خاک بیشتر به صورت ترکیبات آلی وجود دارد بنابراین فرایند تجمع ازت در خاک با تجمع مواد آلی رابطه نزدیک دارد. تغییرات ازت خاک با تغییرات پوشش گیاهی همگام است. کمبود ازت معمولاً از روی رنگ سبز روشن تا زرد برگ ها مشخص می شود (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۷).

۱-۱-۴-۲- فسفر خاک

فسفر: فسفر به منزله منبع انرژی عمومی در کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخل سلول‌های زنده نقش مهم و ضروری را دارا می باشد (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۷). عرضه‌ی طبیعی فسفر در اکثر خاک‌ها پایین و قابلیت استفاده آنچه موجود است نیز بسیار اندک است. نبود فسفر قابل استفاده به مقدار کافی برای ایجاد پوشش و تولید محصولات سبب تخریب اراضی و آلودگی منابع آب در مناطق وسیع به خصوص در کشورهای کمتر توسعه یافته، مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری شده است (شاهویی، ۱۳۸۵). کمبود فسفر مانند کمبود ازت باعث کاهش تولید مواد خشک می شود (زرین کفش، ۱۳۶۸).

۱-۱-۴-۳- پتاسیم خاک

پتاسیم: پتاسیم درصد بزرگی از پوسته زمین، مواد معدنی موجود در گیاه و در عین حال مواد غذایی خاک را تشکیل می دهد. میزان پتاسیم در خاک معمولاً خیلی بیشتر از میزان عناصر غذایی پر مصرف دیگر از جمله ازت و فسفر است (سالاردینی، ۱۳۸۴).پتاسیم در خاک های نواحی مرطوب به میزان کمتری وجود دارد تا خاک های نواحی خشک. کمبود پتاسیم خاک معمولاً سبب محدودیت رشد گیاه و کیفیت آن خواهد شد.

۱-۱-۵- ضریب ایمنی[5]

ایمنی دامنه‌ها عموماً توسط فاکتور ایمنی بیان می‌گردد. در آنالیز شیبهای طبیعی خاک، محاسبه ضریب پایداری (فاکتور ایمنی) در حالت کلی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{ضریب پایداری } (F) = \frac{\text{مقاومت برشی}}{\text{تنش برشی}}$$ (بهنیا و طباطبایی، ۱۳۷۴)

در طبیعت دامنه ها دارای ضریب پایداری مختلفی هستند که بستگی به خصوصیات مهندسی و زمین شناختی آنها دارد (Genet et al., 2010).

5- Factor of safety